1833

Boudet



Les **ANNALES DE CHIMIE ET DE PHYSIQUE** formeront désormais des Séries décennales.

Il sera fait, pour chaque Série, une *Table analytique* spéciale.

La *septième Série* a commencé avec l'année 1894.

Rien n'est d'ailleurs modifié aux conditions de la publication.

CONDITIONS DE LA SOUSCRIPTION.

Les **Annales de Chimie et de Physique** paraissent *le premier* de chaque mois avec planches gravées sur cuivre et figures intercalées dans le texte.

Elles forment chaque année 3 volumes in-8°.

L'abonnement ne se fait que pour l'année entière.

Paris	30 fr.
France et Algérie	34
Union postale	
Autres pays ne faisant pas partie de l'Union postale, selon les tarifs.	

PRIX DES COLLECTIONS.

1re Série (1789-1815), 2e Série (1816-1840) (*rares*). L'Éditeur en possède quelques exemplaires pour lesquels il traite de gré à gré.

3e Série (1841-1863) *avec les Tables*	400 fr.
4e Série (1864-1873) *avec la Table*	308
5e Série (1874-1883) *avec la Table*	310
6e Série (1884-1893) *avec la Table*	310

AVIS IMPORTANT.

Par suite d'un accord intervenu entre la **Commission des Annales de Chimie** et ses Éditeurs, MM. Masson et Cie mettent à la disposition des Savants, des Bibliothèques et autres Établissements publics, quelques exemplaires de la QUATRIÈME et de la CINQUIÈME SÉRIE prises ensemble au prix de **quatre cents francs**, Tables comprises (au lieu de 618, achetées séparément).

« IL N'EST VENDU SÉPARÉMENT AUCUN VOLUME OU ANNÉE DES SÉRIES ANTÉRIEURES A LA SIXIÈME. » La sixième série continue à être vendue par années séparées, au prix de 30 francs par année.

Prix des Tables vendues séparément :

3e Série, 2 volumes	15 fr.
4e Série, 1 volume	8
5e Série, 1 volume	10
6e Série, 1 volume	10

28097 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.

ESSAI CRITIQUE

ET EXPÉRIMENTAL

SUR LE SANG.

THÈSE

SOUTENUE

A L'ÉCOLE DE PHARMACIE DE PARIS,

LE 5 JUILLET 1833.

PAR FÉLIX BOUDET,

PHARMACIEN,

DOCTEUR DE LA FACULTÉ DES SCIENCES.

PARIS.

IMPRIMERIE ET FONDERIE DE FAIN,

RUE RACINE, N°. 4, PLACE DE L'ODÉON.

1833.

PROFESSEURS DE LA FACULTÉ
DE MÉDECINE.

MM. Duméril.
Richard.

PROFESSEURS DE L'ÉCOLE DE PHARMACIE.

MM. Bouillon-Lagrange. . .	Directeur.
Pelletier.	Directeur adjoint.
Robiquet.	Secrétaire.
Bussy. . . . . Caventou.	Chimie.
Le Canu. . . . . Soubeiran.	Pharmacie.
Guibourt. . . . . . . Guilbert.	Histoire naturelle.
Guiart. . . . . Clarion.	Botanique.

A

 Chevreul,

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES
DE L'INSTITUT DE FRANCE,
PROFESSEUR DE CHIMIE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE,
MEMBRE DE LA LÉGION-D'HONNEUR, ETC., ETC.

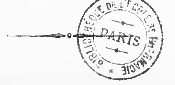
Hommage de reconnaissance et du plus profond respect.

FÉLIX BOUDET.

ESSAI CRITIQUE

ET EXPÉRIMENTAL

SUR LE SANG.



Depuis 1652, époque mémorable où le génie de Harvey, triomphant après cinquante ans de travaux de l'incrédulité de ses contemporains, réussit enfin à leur faire reconnaître la circulation du sang, les médecins et les chimistes se sont livrés à de longues recherches pour éclairer l'histoire de ce liquide, le plus important de tous ceux que l'on rencontre au sein des êtres animés. Cependant, il faut l'avouer, ces recherches ont été rarement couronnées de succès; la nature, déjà si mystérieuse dans le règne minéral et le règne végétal, l'est bien davantage dans le règne animal, et la sagacité des observateurs vient souvent encore échouer contre les problèmes qu'il leur présente.

Néanmoins, bien que les données de la science sur le sang soient peu étendues, il s'en faut que les travaux dont il a été l'objet soient tous restés stériles, et on doit convenir que, parmi les observations qui s'y rapportent, on peut distinguer plusieurs vérités bien établies, et qui prouvent au moins que, pour être grandes, les difficultés d'un si grave sujet ne sont pas insurmontables.

Mais si l'histoire du sang présente plusieurs vérités saillantes et qu'on ne saurait contester, on y rencontre en

même temps quelques résultats contradictoires qui tiennent les esprits en suspens sur les propriétés les plus importantes de ce liquide.

Dans cet état de choses, il m'a semblé qu'avant de continuer l'étude du sang, il était de la plus haute importance de revenir sur les anciennes observations dont il a été l'objet, de les discuter, de les vérifier surtout par de nouvelles expériences, afin d'établir, autant que possible, une base solide pour des travaux ultérieurs.

Je me suis donc proposé dans cette thèse d'apprécier à l'aide de la discussion et d'un nouvel examen les faits principaux que l'histoire du sang a présentés jusqu'ici.

Le moment m'a paru d'autant plus opportun pour un pareil travail, que les recherches de chimie animale paraissent reprendre faveur après avoir été long-temps négligées, et que plusieurs ouvrages récens ont réveillé l'attention sur elles.

Les expériences que j'ai dû entreprendre, pour remplir la tâche que je m'étais proposée, m'ont conduit à quelques résultats nouveaux que je vais joindre aux faits anciennement reconnus, afin de présenter ainsi l'état actuel de la science sur le sujet que j'ai adopté.

Je terminerai en comparant ensemble les connaissances que nous possédons sur les matières organiques et inorganiques, dans l'espoir de définir le point où en est la chimie à l'égard des premières, et de détruire les illusions qui règnent encore aujourd'hui sur cette branche si étendue de l'étude de la nature. En effet, la plupart des physiologistes, frappés des progrès rapides de la chimie minérale, se sont imaginé que l'analyse des produits organiques avait marché du même pas. De là vient qu'ils ont voulu lui faire résoudre des problèmes que ses forces naissantes ne lui permettaient pas d'aborder, et qu'ils la déclarent tous les jours impuissante, parce qu'elle ne peut satisfaire des prétentions prématurées. J'insisterai sur ces préven-

tions fâcheuses qui me paraissent avoir détourné la science de ses voies naturelles, et nui à ses progrès, en jetant dans les esprits la défiance et le découragement ; et, m'efforçant de faire tourner l'expérience du passé au profit de l'avenir, j'exposerai les idées qui me paraissent le mieux fondées sur la direction que l'on doit donner aux recherches de la chimie organique, et sur la marche la plus propre à assurer leur succès.

Long-temps avant que l'observation vînt appuyer, par la certitude de ses résultats, les simples présomptions de l'esprit humain, les anciens philosophes attribuaient au sang les plus hautes fonctions. C'est dans le sang qu'ils plaçaient le principe de la vie et la source des passions, et ces aperçus judicieux, dont le souvenir se trouve encore aujourd'hui dans notre langage populaire, ont formé, jusqu'au dix-septième siècle à peu près, les seules données de la science sur ce sujet ; mais, depuis la découverte de l'immortel Harvey, le sang a acquis une importance plus générale et bien plus positive. On a reconnu en lui la source de toutes les autres humeurs de l'économie, et l'aliment de tous les organes qu'il nourrit de sa substance et vivifie jusque dans leurs particules les plus déliées. Il ne paraît être en effet qu'un mélange de tous les liquides de l'animal auquel il appartient, qu'une dissolution de toutes les parties solides qui le constituent ; de là l'immense intérêt qui s'attache à la connaissance de sa composition et des propriétés de ses élémens, puisqu'en elle doit se trouver la clef des phénomènes de la nutrition et de l'organisation elle-même.

Le sang est loin d'être toujours identique dans sa forme ou dans sa composition ; il offre au contraire de très-nombreuses variétés, soit dans les diverses classes d'animaux, soit dans les individus de la même classe, et jusque dans le même individu, suivant son âge et son état

de santé ou de maladie. Ainsi, pour ne parler que des différences les plus saillantes, il peut être d'un rouge plus ou moins vif ou foncé, jaunâtre, blanc, incolore, froid ou chaud, mucilagineux, plastique, ou liquide comme une sorte de lymphe; mais, sous ces apparences si étrangères, on retrouve toujours en lui quelques propriétés générales qui le caractérisent. Au reste, on n'a guères étudié jusqu'ici que le sang rouge des mammifères, et surtout le sang humain : c'est ce dernier qui fera le principal objet de cette dissertation.

Le sang humain se présente avec une couleur rouge plus ou moins vive, suivant qu'il appartient au système veineux ou artériel, et avec une odeur et une saveur particulières; sa température est celle du corps, et sa pesanteur est à celle de l'eau comme 105 est à 100.

Le sang artériel est un peu moins dense que le sang veineux, leur capacité pour la chaleur est la même d'après J. Davy.

Si l'on applique le microscope à l'étude du sang, soit au moment où il jaillit de la veine ou de l'artère, soit tandis qu'il circule encore dans la queue du têtard ou dans les ailes de la chauve-souris, il se présente sous un nouveau jour aux yeux de l'observateur; il paraît alors composé d'un liquide légèrement jaunâtre, au milieu duquel des particules rouges de forme globulaire sont tenues en suspension.

Jusqu'ici point d'incertitude, depuis Leeuwenhoeck, qui le premier a soumis le sang à des observations microscopiques précises jusqu'aux dernières recherches de M. Muller, tous les micrographes s'accordent sur ce point; mais il n'en est plus de même quand il s'agit de déterminer la forme précise, les dimensions et la texture de ces globules.

Quelques anciens observateurs, séduits par une illusion d'optique, leur ont attribué une forme annulaire;

mais la plupart les ont regardés comme sphériques, et le docteur Young et sir Everard Home ont adopté cette opinion. D'après ce dernier (1), « les globules du sang sont des corpuscules sphériques composés d'un globule central que la matière colorante enveloppe dans l'état de vie. »

M. Hewson considère les globules du sang comme des corps circulaires et aplatis, munis d'un point saillant dans leur centre, et formés d'une petite sphère centrale roulant dans une enveloppe de matière colorante.

MM. Prevost et Dumas (2) regardent cette opinion comme clairement prouvée pour les globules circulaires. Mais le docteur Young (3), dont l'autorité est d'un si grand poids dans une question d'optique, n'a jamais observé de proéminence sur l'enveloppe des globules du sang humain, et ne doute pas que M. Hewson ne se soit complétement mépris en voyant en eux une sphère centrale roulant dans une enveloppe colorée.

Au milieu de contradictions aussi évidentes, il est bien difficile de se former une opinion sur la composition des globules du sang. Cependant, d'après le docteur Young et plusicurs micrographes modernes, il semble que le point saillant aperçu par quelques observateurs doive être abandonné comme une illusion d'optique.

Quant à l'existence de deux sphéroïdes concentriques, elle repose sur un grand nombre d'observations diverses, et paraît généralement admise.

En effet, MM. Prevost et Dumas ont reconnu que lorsqu'on délayait le sang desséché dans une dissolution saline on distinguait très-bien les globules dans toute leur intégrité; mais qu'au contraire, lorsque le sang était

(1) Transactions philosophiques, 1818.
(2) Annales de Chimie et de Physique, tome XVIII, page 280.
(3) Introduction to Medical Litterature, page 547.

délayé dans l'eau pure, la matière colorante se dissolvait ou mieux se divisait dans ce liquide, et les globules intérieurs paraissaient incolores.

M. Raspail (1), il est vrai, a prétendu que les globules du sang étaient complétement solubles dans l'eau pure; mais M. Donné (2), qui les a soumis à un très-grand nombre d'observations microscopiques pour vérifier cette opinion, a reconnu que, soit qu'on agisse sur du sang d'homme ou du sang de grenouille, les globules s'effacent, il est vrai, lorsqu'on les délaie avec de l'eau sur une lame de verre; mais que, si on attend que la matière colorante se soit écoulée sur les bords de la lame, on voit distinctement ces globules décolorés et transparens nager dans le liquide, et qu'il est absolument impossible de les dissoudre dans une très-grande quantité d'eau dans l'espace de plus de vingt-quatre heures.

Enfin, dans une lettre tout récemment adressée à l'Institut, et insérée dans les Annales des sciences naturelles, M. Muller (3) a confirmé ces résultats par de nouvelles expériences encore plus précises sur le sang des grenouilles.

« Les globules du sang, dit-il, sont composés d'un noyau décoloré et d'une écorce rouge; cette dernière se dissout peu à peu dans l'eau pure, mais non dans l'eau salée ou sucrée. Après la dissolution de l'écorce rouge par l'eau, les noyaux restent insolubles dans ce liquide, mais ils sont solubles dans l'eau alcaline. Pour séparer immédiatement les noyaux de l'écorce rouge, le mieux est de mêler une goutte d'acide acétique avec une goutte de sang de grenouilles ou autre, en l'observant au micros-

(1) Essais de chimie microscopique.

(2) Thèse soutenue à la Faculté de médecine, 1831.

(3) Octobre 1832, pag. 222, Annales des Sciences naturelles.

cope. Aussitôt l'écorce rouge se dissout dans l'acide acétique, tandis que les noyaux elliptiques restent et peuvent être observés dans leur forme propre. »

L'opinion de M. Donné (1) s'accorde avec celle de MM. Home, Hewson, Prevost, Dumas et Muller, sous le rapport de la nature complexe des globules ; mais elle présente cependant une différence qu'il est bon de signaler. Il regarde les globules du sang comme de petits corps de forme lenticulaire formés d'un tissu, d'un canevas pour ainsi dire composé de fibrine, dans les mailles duquel de l'albumine et de la matière colorante sont déposées.

Ainsi, en rapprochant toutes les observations précédentes, bien qu'elles contrastent sous plus d'un rapport, et montrent toute l'incertitude de l'analyse microscopique, il ne me semble pas douteux que les globules du sang soient formés d'une substance incolore et d'une matière colorante rouge. Au reste, je montrerai bientôt, dans les résultats de l'analyse chimique, des preuves plus décisives encore de cette importante vérité. Quant à l'arrangement de ces substances, il doit être bien difficile de l'apprécier sur des particules tellement déliées, qu'on peut à peine en démontrer l'existence; je m'abstiendrai donc de prendre un parti à ce sujet; je me bornerai à faire remarquer que tous les observateurs, à l'exception de M. Donné, n'ont aperçu dans les globules que deux sphéroïdes concentriques.

Plusieurs micrographes ne se sont pas contentés de reconnaître l'existence des globules du sang, ils ont voulu encore en déterminer la forme et en mesurer le volume, et leurs recherches les ont conduits à cette conclusion remarquable, que les diamètres, et surtout les formes de ces globules, sont constamment les mêmes dans

(1) Thèse soutenue à la Faculté de médecine, 1831.

les mêmes espèces animales, tandis qu'elles varient notablement d'une espèce à une autre, et bien plus encore d'une classe à une autre.

Tel est le sang tandis qu'il circule dans les veines; mais à peine en est-il sorti, que déjà il tend à s'altérer; sa chaleur se dégage, et en même temps une vapeur aqueuse fortement odorante se répand dans l'atmosphère. Bientôt il s'épaissit, se coagule, et forme une masse cohérente, molle et tremblante, rouge, pourpre au dehors, rouge, noire à l'intérieur, c'est le caillot; dès qu'il est formé, les parties se ressèrrent, et exsudent peu à peu un liquide jaunâtre que l'on désigne sous le nom de sérum, et dont la quantité va toujours en croissant pendant plusieurs jours.

(1) Quelquefois, et surtout lorsqu'il appartient à des individus affectés de maladies inflammatoires, le sang reste plus long-temps liquide qu'à l'ordinaire, et, avant qu'il soit solidifié, une certaine quantité de sérum s'élève à sa surface. Mais bientôt la coagulation s'opère, et toute la masse se solidifie. Le sérum coagulé, presque transparent d'abord, prend successivement diverses nuances, et fournit enfin une membrane parfaitement blanche, opaque, et en quelque sorte nacrée, que l'on nomme couenne, et dont la substance présente la plus grande analogie avec celle de la fibrine. Cette membrane est quelquefois mince, transparente et inégalement épaisse; d'autres fois elle est opaque et épaisse de plusieurs lignes. Sa résistance est très-variable et toujours supérieure à celle du caillot lui-même. Sa puissance de rétraction est très-énergique, comme on peut en juger par la forme concave que présente ordinairement sa surface.

Scudamôre avait annoncé que la coagulation du sang

(1) Recherches expérimentales sur le sang humain, par M. Denis, page 77.

était accompagnée d'un dégagement de calorique; mais Davy et M. Denis se sont assurés par l'expérience que ce dégagement n'avait pas lieu.

On a beaucoup discuté sur les causes de la coagulation du sang, elle a été successivement attribuée au refroidissement, au contact de l'air, au repos; mais il semble résulter, des expériences de MM. Parmentier et Deyeux (1), que toutes ces suppositions sont sans fondement; cependant, comme il faut toujours que l'esprit humain assigne une cause aux effets qu'il observe, on a fait intervenir la force vitale pour expliquer la liquidité du sang pendant la vie. Je suis loin de prétendre nier l'existence de cette force inconnue; mais je crois qu'il est inutile de l'invoquer ici pour rendre compte d'un phénomène auquel on peut trouver des analogues dans la matière morte ou dans le règne minéral lui-même, et qui se borne sans doute à un arrangement particulier de molécules sur lequel l'absence du mouvement rapide et continu de la circulation exerce sans doute une très-grande influence. Ainsi, les modifications isomériques que certains corps éprouvent par des causes encore ignorées, comme celle qui détermine la coagulation du sang, me semblent offrir de grands rapports avec ce phénomène, et cependant qui s'aviserait de les attribuer à la force vitale? Aussi je suis persuadé que des recherches plus approfondies que celles qui ont pu être entreprises jusqu'ici, pourront expliquer un jour la coagulation du sang, et cette opinion ne doit point étonner, si l'on fait attention aux causes purement physiques qui peuvent influer sur cette modification; si l'on observe qu'une simple solution de sulfate, muriate ou carbonate de soude suffit pour l'empêcher de se produire; que le sang reste liquide chez les individus frappés

(1) Journal de Physique de Lamétherie, 1794, pag. 442.

de la foudre ou victimes de certains poisons, et enfin qu'il n'est pas rare de le voir se coaguler pendant la vie et de rencontrer dans les veines de véritables caillots.

Quoi qu'il en soit, le caillot du sang n'a rien de constant dans son aspect, qu'une foule de circonstances peuvent faire varier même dans l'état sain; aussi son examen fournit-il en général peu de lumières; cependant, on peut tirer quelques inductions utiles de son volume plus ou moins considérable relativement à la masse du sang, de sa couleur et de sa consistance.

Les propriétés et les phénomènes précédemment décrits se rapportent surtout au sang d'homme, celui des animaux conserve toujours avec lui une analogie décidée; mais il s'en éloigne de plus en plus à mesure que la constitution du genre, ou de l'espèce animale à laquelle il appartient, diffère davantage de la constitution humaine.

Ainsi, bien que le sang de l'homme offre la plus grande ressemblance avec celui des autres mammifères et même des oiseaux, on peut cependant, sans les comparer sous d'autres points de vue que ceux que j'ai considérés jusqu'ici, les distinguer entre eux par leur température, par l'intensité plus ou moins grande de leur couleur, par leur viscosité, leur coagulation plus ou moins rapide ou complète.

Si l'on examine ensuite le sang froid des reptiles et des poissons, on ne tarde pas à s'apercevoir que, s'il se rapproche de celui des oiseaux par la forme de ses globules, qui sont elliptiques, il est moins épais, beaucoup moins coagulable, moins riche en globules et moins coloré que ne l'est en général celui des animaux à sang chaud; à tel point que le sang des serpens et des lézards ne donne qu'un caillot imparfait, et que celui des tortues ne se coagule que sous l'influence d'une chaleur artificielle.

Enfin, à mesure que l'on descend l'échelle des êtres, on reconnaît que la composition du sang se simplifie davan-

tage, et que dans les mollusques et les crustacées il ne forme plus qu'une espèce de lymphe muqueuse, gélatineuse et le plus souvent insipide.

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails sur les propriétés physiques du sang. Leur étude fournit sans doute des données curieuses; mais la plupart ne sont que des aperçus, et n'ont de certitude, et par suite ne peuvent conduire à des conséquences positives qu'autant qu'elles ont été confirmées par l'analyse chimique; je me hâte donc d'arriver à cette partie de mon sujet.

Mais d'abord le sang est-il susceptible d'analyse? Est-ce le même liquide qui circule dans les veines de l'homme vivant et que le chirurgien recueille dans sa palette? Le sang coagulé ne diffère-t-il pas essentiellement du sang liquide, et, s'il se modifie au sortir de nos veines, quelle confiance accorder aux recherches dont il peut alors être l'objet pour éclairer le physiologiste sur ses propriétés et ses fonctions, tandis qu'il fait partie de l'économie vivante?

Voilà sans doute une objection très-grave; mais devant elle le chimiste doit-il désespérer de sa science? Loin de là, il doit aborder franchement la difficulté et chercher jusqu'à quel point elle peut rendre ses efforts impuissans et ses résultats incertains.

Or, si l'on observe le sang coagulé, on ne tarde pas à reconnaître que le caillot n'est autre chose qu'un assemblage de globules enfermés dans un réseau de matière blanche et fibrineuse, qui, pendant que le sang était encore liquide existait en dissolution dans le sérum, ainsi que j'espère le démontrer plus tard. Ce réseau, que l'on désigne sous le nom de fibrine et dont nous étudierons plus tard la formation et les propriétés, est le seul des élémens du sang qui jusqu'ici ait paru se modifier en dehors de ses vaisseaux; et d'ailleurs la modification qu'il éprouve se borne, selon toute probabilité, à un change-

ment d'état, à une nouvelle disposition moléculaire, à une sorte de cristallisation organique.

Cependant l'objection que je cherche ici à combattre est fondée jusqu'à un certain point, et il est vrai de dire que le sang sorti de la veine diffère bientôt de celui qui y circule encore, puisque l'arrangement moléculaire est tout autre dans la fibrine du sang coagulé que dans la fibrine du sang en circulation, et qu'une transformation de ce genre entraîne d'ordinaire de nouvelles propriétés chimiques. Mais si l'on fait attention que la fibrine coagulée présente la plus frappante ressemblance avec la fibre musculaire, et que son unique usage dans le sang paraît être de la former en se solidifiant dans nos organes, comme elle le fait dans le sang extrait de nos veines, ne voit-on pas bientôt s'affaiblir la difficulté qui nous occupe, puisque le seul principe qui se modifie évidemment dans le sang pris en dehors de la circulation, n'éprouve pas d'autre modification que celle qu'il devait subir au sein de l'être vivant, et prend immédiatement la forme définitive à laquelle il doit s'arrêter dans l'économie. L'importance de l'analyse du sang s'accroît surtout des lumières qu'elle peut jeter sur la distribution de ses matériaux et sur leurs rôles dans les phénomènes de la nutrition et des sécrétions. Or, relativement à la fibrine, la nature s'est en quelque sorte chargée de la tâche du chimiste, en montrant d'elle-même avec quelle facilité la fibrine liquide dans le sang peut se transformer en fibre musculaire et fournir à l'entretien des parties.

Je ne vois donc pas, d'après cela, que la coagulation de la fibrine autorise à rien conclure contre l'importance de l'analyse du sang. Quant aux autres matériaux qu'il renferme, s'il est impossible jusqu'ici de prouver d'une manière absolue que ces matières sont identiques dans le sang en circulation dans les vaisseaux ou en dehors de ces mêmes vaisseaux, je ne trouve non plus aucune preuve de leur al-

tération, et, en l'absence de ces preuves, on ne peut nier que jusqu'ici les résultats de l'observation soient plus favorables à la première qu'à la seconde de ces hypothèses.

En résumé, on peut admettre, ce me semble, que le sang extrait de nos veines, ou circulant dans leur capacité, présente les même principes immédiats, sauf l'état particulier, mais *normal*, pour ainsi dire, de la fibrine. Que si, lorsqu'on le soumet à l'analyse, il n'est plus animé sans doute de cette propriété inconnue qui le rend vivifiant pour toute l'économie, cela n'empêche pas que la connaissance des principes qui le composent puisse jeter une vive lumière sur la distribution de ces mêmes principes, et sur le rôle qu'ils jouent dans l'organisation. Au reste, l'expérience a déjà, ainsi qu'on le verra bientôt, prononcé favorablement à cet égard.

Dès lors pourquoi jeter sans cesse, comme on le fait, un doute décourageant sur les résultats de l'analyse du sang, sur le succès d'une étude aussi difficile, et dont les moindres données positives promettent de si belles et si utiles applications. On devrait, au contraire, exciter le zèle des chimistes, et, partageant leurs espérances, leur confier le soin de résoudre par l'observation consciencieuse des faits, des questions auxquelles les théories seules ne peuvent faire faire aucun progrès réel.

C'est dans cet esprit de discussion impartiale, et de confiance dans le pouvoir et l'avenir des sciences expérimentales, que l'on doit, ce me semble, considérer aujourd'hui les difficultés que l'on rencontre dans l'étude des matières organisées : il conduira plus tôt à la découverte de la vérité que cet esprit timide des anciens observateurs, qui leur faisait imaginer des influences extraordinaires et invoquer les forces vitales, c'est-à-dire des forces qu'ils regardaient comme inabordables à leurs investigations, toutes les fois qu'ils étaient arrêtés dans leur marche par quelques difficultés nouvelles; tandis

qu'ils auraient dû redoubler de zèle dans leurs tentatives et chercher dans les progrès de la science les lumières qu'ils désespéraient d'acquérir.

Ce n'est jamais que sous réserve et avec la plus grande répugnance, pour ainsi dire, que le naturaliste doit admettre l'intervention des forces étrangères à celles que les sciences physiques lui ont révélées ; car avec ces forces souvent imaginaires, et dont l'expérience réduit chaque jour le domaine, on entrave les progrès des connaissances humaines.

Mais l'esprit humain n'en a pas toujours jugé ainsi ; il s'est plu, au contraire, à peupler l'univers de puissances qu'il a créées à plaisir, et ce n'est pas la moindre tâche de la philosophie moderne que de détruire ces anciens préjugés pour faire voir la nature sous son veritable jour.

Les sciences ont fait d'assez étonnans progrès ; elles ont dépassé d'une assez grande distance toutes les prévisions des premiers interprètes de la nature, pour qu'aujourd'hui on ne voie plus dans la plupart des phénomènes qu'elles ne peuvent expliquer encore, que de nouveaux problèmes, dont leurs développemens doivent tôt ou tard amener la solution ; car la nature est immense dans ses résultats et simple dans ses moyens, et ce n'est qu'à l'aide d'un bien petit nombre de forces qu'elle vivifie l'univers.

J'ai fait remarquer précédemment que le sang sorti de la veine exhale surtout, tandis qu'il conserve sa chaleur, une vapeur aqueuse qui porte avec elle une odeur forte et particulière. Lorsqu'il est refroidi, cette odeur n'est plus aussi prononcée, mais elle se fait sentir encore et paraît surtout se concentrer dans le caillot. Elle est quelquefois si forte, particulièrement dans le sang des artères, qu'elle prend à la gorge et détermine des nausées.

Le principe odorant du sang a beaucoup exercé l'imagination des anciens observateurs, tour à tour ils lui ont attribué des propriétés plus ou moins merveilleuses, et

se sont livrés à de nombreuses tentatives pour le recueillir et le cencentrer dans différens liquides. En 1794, MM. Parmentier et Deyeux en ont fait l'objet d'une étude attentive (1); mais cette étude ne leur a rien appris de bien important, si ce n'est que l'air peut s'imprégner de ce principe, que l'eau et l'alcool s'en chargent par la distillation; enfin, qu'il peut fournir spontanément les produits ordinaires des matières animales en putréfaction.

Depuis 1794 le principe odorant du sang tomba dans un oubli absolu, lorsque dans ces derniers temps M. Barruel est venu rappeler sur lui l'attention des chimistes.

Avant les recherches de Parmentier et Deyeux, Vitoff avait annoncé que chaque animal possédait une odeur particulière, et que cette odeur était différente dans chacune de ses parties. Cette remarque n'échappa point aux savans pharmaciens que je viens de citer à l'époque de leurs travaux sur le sang; mais « il faut convenir, dirent-ils, qu'en » exposant dans le même lieu du sang récemment extrait » de divers animaux, il serait difficile de juger à l'aide » de l'odorat le plus parfait quelle peut être son origine. »

M. Barruel, frappé de l'odeur intense qu'il avait ressentie après avoir mélangé du sang avec de l'acide sulfurique, entreprit sur le principe odorant de ce liquide un grand nombre d'expériences qui l'amenèrent principalement à conclure (2) :

Que le sang de chaque espèce animale contient un principe odorant particulier à chacune d'elles, que dans chaque espèce ce principe est plus manifeste dans le sang du mâle que dans celui de la femelle; que ce principe, qui est volatil, a une odeur semblable à celle de la sueur ou de l'exhalaison cutanée ou pulmonaire de l'animal dont le sang provient; enfin, qu'il fait partie d'une

(1) Journal de Physique, etc., de Lamétherie, pag. 384.

(2) Journal hebdomadaire de médecine, n°. 34, mai 1829.

combinaison particulière inconnue, dont l'acide sulfurique le dégage.

Frappés de ces observations curieuses, plusieurs chimistes, et en particulier MM. Soubeiran, Couerbe et Denis, s'empressèrent de les vérifier en variant leurs expériences, et en dernière analyse il résulta, de toutes les recherches sur ce sujet, que l'odeur dégagée par l'acide sulfurique est loin de suffire pour caractériser positivement le sang des diverses espèces animales. Dans chaque espèce il est vrai, ce liquide possède une odeur particulière qui se manifeste sans l'intervention d'aucun réactif, et se retrouve dans toutes les parties constituantes du sang isolées, mais particulièrement dans la matière grasse, d'après M. Denis (1).

Il est vrai aussi que l'acide sulfurique, versé sur le sang ou sur quelqu'un de ses principes immédiats, avive notablement l'odeur qui s'en exhale; mais il la modifie en même temps par l'addition d'une odeur factice qui résulte de l'action de l'acide sur la matière organique. D'ailleurs, le même acide, versé sur la plupart des tissus, en dégage une odeur analogue à celle qu'il développe dans le sang lui-même.

La conséquence de ce qui précède, c'est qu'il existe dans le sang un principe odorant d'une nature particulière, analogue probablement aux acides odorans signalés par M. Chevreul dans les corps gras (2), et que le caractère indiqué par M. Barruel, pour distinguer les diverses espèces de sang, peut fournir des inductions curieuses, mais ne saurait servir de base à un jugement définitif.

---

(1) Recherches expérimentales sur le sang humain.

(2) M. C. Matteucci vient de confirmer cette présomption par des expériences directes. En distillant du sérum de sang de chèvre desséché, avec de l'acide sulfurique, il a obtenu un mélange d'acide lactique et d'un acide gras volatil, analogue à l'acide caproïque de M. Chevreul. (*Ann. de Chim. et de Physiq.*, tom. LII, pag. 137.)

Lorsqu'on examine le sang, quelque temps après qu'il s'est coagulé, on observe à la surface, et dans l'intérieur du caillot, un grand nombre de bulles gazeuses. Plusieurs chimistes se sont occupés de ce phénomène, et ont recherché la source et la nature de ce gaz. Vauquelin a reconnu que du sang, placé dans l'hydrogène, dégageait de l'acide carbonique; M. Vogel a obtenu du carbonate de chaux en abondance, en faisant passer du sang sous une cloche remplie d'eau de chaux et de mercure. Brande et sir Everard Home ont confirmé ces résultats et ont admis dans cette humeur l'existence de l'acide carbonique libre. Cependant John Davy (1) assure que ce gaz n'existe jamais dans le sang au moment où il s'échappe des vaisseaux, et qu'on ne peut en extraire que du sang sorti des veines depuis quelque temps; d'où il conclut qu'il lui est fourni par l'air, ou qu'il s'y forme par suite d'un commencement d'altération. A ces opinions contradictoires, il faut ajouter celles de MM. Collard de Martigny et Edwards.

Le premier pense qu'il se produit de l'acide carbonique dans l'épaisseur de tous les tissus pendant l'acte de la nutrition, et que cet acide circule dans le sang veineux. Le second (2) a démontré, par des expériences très-précises sur les poissons, les reptiles, les mollusques et les animaux vertébrés à sang chaud, que l'acide carbonique, qui se dégage pendant leur respiration, n'est pas le produit de l'action immédiate de l'oxigène de l'air sur le carbone du sang; mais le résultat d'une exhalation ou mieux d'une véritable sécrétion qui peut s'opérer au sein du gaz hydrogène, et fournir, dans quelques circonstances, un volume de gaz supérieur à celui du corps de

(1) Edimburg Medical and Surgical Journal, avril 1828.

(2) Edwards. De l'Influence des agens physiques sur la vie, pag. 465 et précédentes.

l'animal. M. Edwards a également constaté l'exhalation de l'azote pendant l'acte de la respiration. Si l'on compare les différentes observations que je viens de citer, on voit que l'objection présentée par John Davy est la seule qui s'élève contre l'existence de l'acide carbonique dans le sang, et qu'elle n'est pas d'ailleurs assez importante pour l'infirmer. Ne peut-on pas en effet s'expliquer que le sang ne dégage pas de l'acide carbonique immédiatement au sortir de la veine, en faisant attention à la force avec laquelle l'eau retient en général les gaz en dissolution, et par exemple l'acide carbonique lui-même, qui, lorsqu'il a été combiné avec elle sous une forte pression, s'en dégage si lentement, qu'on la voit encore traversée par un courant de bulles plusieurs heures après qu'elle a été ramenée à la pression atmosphérique. La viscosité et l'alcalinité du liquide peuvent peut-être aussi servir à rendre raison de l'union de l'acide carbonique avec le sang, et de la nécessité où John Davy s'est trouvé d'attendre une légère réaction dans la masse de ce liquide pour obtenir ce gaz.

Quoi qu'il en soit de cette explication, et en attendant de nouvelles expériences, je crois, avec M. Edwards, que l'acide carbonique existe dans le sang, qu'il y circule avec l'azote comme les matériaux des sécrétions; et que, pendant l'acte de la respiration, il est mis en liberté par le poumon, qui agit alors comme organe sécréteur.

Nous avons vu précédemment que le sang, abandonné à lui-même, se partageait en sérum et en caillot. Le sérum contient presque toute l'eau et les parties solubles du sang; quant au caillot, si on le malaxe légèrement sous un filet d'eau, après l'avoir enfermé dans un nouet de linge, l'eau en entraîne la plus grande partie, et laisse dans le nouet une très-petite proportion de matière blanche formée de filamens feutrés, et que l'on désigne sous le nom de *fibrine*.

Ainsi le sang peut être partagé par une analyse toute mécanique, en trois parties principales :

1°. Le sérum, 2°. la fibrine, 3°. la matière rouge qui accompagne la fibrine dans le caillot, et que l'on a désignée jusqu'à présent sous le nom d'*hématosine*.

Nous allons étudier successivement ces trois parties.

J'ai regardé jusqu'ici les globules du sang comme formés d'une sphère centrale incolore et d'une enveloppe colorée. Le chevalier Home admet que, lorsque le sang est sorti de la veine, les sphères centrales se détachent de l'enveloppe colorée et se réunissent en filets qui ne diffèrent en rien de la fibre musculaire et constituent la fibrine.

MM. Prevost et Dumas (1) ont attribué également la formation de la fibrine à l'agglomération des globules incolores du sang, qui d'après eux se réunissent en filamens ou chapelets dans lesquels le microscope pourrait encore les faire apercevoir.

Cette opinion a régné presque exclusivement jusqu'ici malgré quelques contradictions; mais aujourd'hui plusieurs observations importantes se réunissent contre elle et semblent devoir la renverser.

D'abord, lorsque l'on considère les sphéroïdes internes des globules du sang comme des particules de fibrine, on doit admettre que, pendant la coagulation du sang, ces globules se réunissent tous en filamens fibrineux, ou que si quelques-uns échappent à la force d'agglomération qui les détache de l'enveloppe colorée, le plus grand nombre est soumis à son influence. Or, d'après les expériences de M. Le Canu, la quantité moyenne de globules contenue dans le sang d'homme s'élève aux 0,132 de ce liquide, tandis que la fibrine en forme environ les 0,0027, c'est-à-dire la 49e. partie de la somme des globules. De

(1) Annales de Chimie et de Physique, tom. XVIII, pag. 281.

cette énorme disproportion entre la fibrine et la matière colorante, il faut nécessairement conclure ou qu'il ne se décompose pendant la coagulation du sang qu'un très-petit nombre de globules, ce qui serait en contradiction directe avec l'opinion de tous les observateurs qui ont cherché à déterminer par l'analyse la proportion de fibrine contenue dans le sang, ou qu'ils se décomposent tous, et qu'alors l'enveloppe externe, l'écorce des globules, comme dit M. Müller, contient 49 fois autant de matière que le sphéroïde interne, ce qui ne me paraît pas s'accorder avec l'idée que l'on se forme des globules.

En outre, si l'on fait attention que les globules dépouillés de fibrine sont loin d'être de la matière colorante pure, puisque M. Le Canu (1) est parvenu à en extraire plus de la moitié de leur poids d'une substance blanche qu'il regarde comme albumineuse, on est conduit à admettre que la matière blanche que M. Le Canu a pu séparer de la matière colorante est de la fibrine, et qu'alors ce que nous appelons fibrine n'est qu'une très-faible proportion de ce que le sang contient de cette matière, ce qui serait difficile à comprendre; ou, ce qui s'accorde beaucoup mieux avec les faits observés, que les globules internes ne sont pas de la fibrine, mais une matière particulière qui n'a pas encore été étudiée, et que la fibrine existe en dissolution dans le sérum. Au reste, cette opinion va puiser une nouvelle force dans les observations qui suivent :

M. Denis (2), dans son ouvrage sur le sang humain, établit, comme un fait démontré, que la fibrine est en dissolution dans le sérum, et cite, à l'appui de son opinion, que dans quelques circonstances une certaine quantité de sérum liquide vient nager à la surface de la matière colorante

(1) Journal de Pharmacie, tom. XVI, page 744.
(2) Recherches expérimentales, etc., pag. 76 et suivantes.

avant la coagulation du sang, et se coagule bientôt elle-même en donnant naissance à une couenne, dont le poids, réuni à celui de la fibrine extraite du caillot, ne présente que la proportion normale de fibrine que le sang examiné devait contenir.

Plus tard, MM. Piorry et Scelle Mondezert (1) ont remarqué que lorsque le sang se trouve dans les conditions nécessaires pour que la couenne inflammmatoire se forme au moment où la séparation du caillot et du sérum s'opère, ce dernier ne paraît point parfaitement transparent; mais que si on l'abandonne au repos il s'éclaircit, et dépose sur le caillot qu'il surnage une couenne grisâtre. Vient-on à décanter le sérum avant qu'il se soit éclairci, on voit s'y former une couche couenneuse, semblable à celle qui se dépose sur le caillot, et cette couenne est si abondante que le sérum se prend tout entier. Les mêmes observateurs ont agité du sérum avec de l'eau au moment où il commençait à se solidifier, et ont obtenu ainsi une masse blanche fibrineuse, qui ensuite est devenue rouge, élastique et parfaitement semblable à de la chair musculaire. Enfin, dans divers essais auxquels ils ont soumis cette matière pour en apprécier la nature, elle leur a présenté les caractères de la fibrine.

Mais le fait le plus important qu'on puisse citer en faveur de l'existence de la fibrine dans le sérum, c'est sans contredit celui qui a été récemment annoncé par M. Müller. Voici comment il s'exprime:

« Ce ne sont pas les globules du sang qui contiennent la partie coagulable ou fibrine, mais, au contraire, la fibrine est dissoute dans le sérum. Pour le démontrer, on choisit le sang des grenouilles fraîches, dont les glo-

---

(1) Recherches sur le sérum du sang et sur la formation de quelques productions accidentelles, 1831, pag. 277.

bules sont assez gros pour ne point passer au travers des pores des filtres. On ampute la cuisse à une grenouille, on fait tomber son sang sur un filtre mouillé, et on le mêle avec une quantité égale d'eau pure ou mieux d'eau sucrée, il passe un liquide clair dans lequel il se forme bientôt un coagulum de fibrine, qui ne tarde pas à se condenser et à devenir blanc. Les globules restent sur le filtre sans changer de nature, et ne se dissolvent pas, si c'est de l'eau sucrée que l'on a mêlée avec le sang. De là résulte que c'est à tort que l'on a expliqué la coagulation du sang par l'aggrégation des globules. L'opération précédente réussit pendant l'été, le printemps ou l'automne, mais pas en hiver, parce que le sang des grenouilles ne se coagule pas dans cette saison (1). »

Ainsi, les considérations et les expériences que je viens de citer concourent toutes à démontrer que la fibrine existe en dissolution dans le sérum, et assurément on ne peut contester qu'elles ne présentent un degré de certitude bien supérieur à celui des observations microscopiques, dont les données sont si douteuses et si souvent contradictoires.

J'admettrai donc dans la suite de ce travail, ainsi que je l'ai déjà fait jusqu'ici, que la fibrine existe dans le sérum.

Le sérum du sang coagulé, c'est-à-dire le sérum séparé de la fibrine et des globules, renferme tous les autres matériaux du sang, et même jusqu'aux principes immédiats que l'on peut extraire de ces deux substances, car elles n'en contiennent aucun qui n'ait été trouvé également dans le sérum. Aussi la composition de ce liquide, telle qu'on l'admet aujourd'hui, est déjà fort compliquée, et néanmoins si l'on considère les fonctions du sang dans l'éco-

(1) Annales des Sciences naturelles, octobre 1832, pag. 222.

nomie, si l'on pense surtout avec MM. Prevost et Dumas, qu'il renferme les élémens tout formés des sécrétions, on doit reconnaître que son analyse est encore peu avancée, et qu'il reste à y découvrir un bien grand nombre de substances inconnues, ou déjà signalées dans les différens liquides et solides de l'économie. Mais si l'on veut achever cette grande et importante analyse, on doit renoncer à la méthode suivie jusqu'ici par la plupart des chimistes qui s'en sont occupés, car cette méthode a produit à peu près tout ce qu'elle est capable de produire, et je doute qu'on ajoute beaucoup aux faits établis, si l'on continue à ne soumettre à la fois à l'analyse que les 12 ou 15 onces de sang que fournit une saignée. La circulation du sang est si rapide, qu'il lui suffit de contenir des traces de chaque principe, pour en fournir aux besoins des organes sécréteurs ou des appareils de la nutrition; et la preuve c'est que, malgré l'abondance de la sécrétion urinaire et la proportion notable d'urée que contient l'urine, MM. Prevost et Dumas ne sont parvenus à démontrer dans le sang l'existence de ce principe, qu'en lui fermant toute issue en quelque sorte par l'amputation des reins, et le forçant ainsi à se concentrer dans ce liquide (1). Il est donc nécessaire, en conséquence, pour pénétrer plus avant dans la composition du sang, d'en soumettre désormais à l'analyse des quantités plus considérables, et l'on verra bientôt, par un exemple, combien cette méthode promet de découvertes.

D'après ces considérations, si l'on excepte des principes du sang l'albumine, la fibrine et l'hématosine, la détermination quantitative des autres est tout-à-fait inutile, puisqu'il n'est pas douteux que la plupart de ces principes ne soient mixtes, et par suite incapables aujour-

(1) Annales de Chimie et de Physique, tom. XXIII, pag 90.

d'hui d'être appréciés en dernière analyse. Je me bornerai donc ici à passer en revue ceux qui ont été trouvés dans le sérum, sans indiquer leurs proportions relatives.

Le sérum est ordinairement transparent, visqueux, d'une saveur particulière et salée, d'une couleur jaunâtre plus ou moins foncée. Ce liquide, soumis à une douce chaleur, se coagule bientôt comme du blanc d'œuf. Si l'on examine le coagulum, on observe qu'il s'en sépare un liquide épais, jaune, transparent, et en quelque sorte gélatineux, que les physiologistes désignent sous le nom de sérosité, et que Fourcroy, et après lui Parmentier et M. Deyeux, qui ont soumis cette matière à de nombreuses épreuves, ont regardé comme de la gélatine (1).

Cette opinion s'est maintenue jusqu'en 1815, époque où M. Brande (2) a démontré, à l'aide de la pile électrique, que cette prétendue gélatine n'était autre chose qu'une combinaison d'albumine avec une certaine quantité d'alcali, qui, modifiant par sa présence les propriétés de l'albumine, avait induit en erreur les chimistes qui l'avaient examinée.

Si l'on achève la dessiccation du sérum, on obtient un résidu jaune ambré que l'on épuise successivement par l'eau et l'alcool bouillans.

On obtient ainsi deux dissolutions complexes que nous étudierons successivement sous les noms de *produit aqueux* et de *produit alcoolique*.

Produit aqueux.

On filtre la dissolution aqueuse, on l'évapore au bain-marie, et on traite le résidu par l'alcool à 40°; on obtient

(1) Journal de Physique de Lamétherie, 1794, pag. 438.

(2) Annales de Chimie, tom. XCIV, pag. 46, etc.

ainsi séparément les matières extractives solubles dans l'eau et l'alcool, et celles qui sont solubles dans l'eau et insolubles dans l'alcool.

Les premières se présentent avec une couleur jaune orangée, une saveur assez agréable, mais bien différente de celle du bouillon, et une réaction alcaline. Suivant les observations de M. Le Canu, les acides hydrochlorique et nitrique déterminent, dans la solution de ces matières, des flocons jaunâtres ; le sous-acétate de plomb y forme un précipité soluble dans un excès de sous-acétate, et l'infusion de noix de galle les précipite en brun. Par la calcination on en obtient des vapeurs ammoniacales et un résidu alcalin.

M. Berzélius a considéré ce produit comme un mélange de lactate de soude et de matière organique. M. Marcet l'a désigné sous le nom de *matière muco-extractive*. D'autres chimistes, et particulièrement M. Denis, l'ont assimilé à l'osmazome ; mais alors même qu'il ne différerait pas, ainsi que M. Le Canu l'a fait voir (1), de ce que l'on entend généralement par osmazôme ; comme cette matière elle-même est certainement complexe et tout-à-fait inconnue, on ne serait pas fort avancé en adoptant cette dernière dénomination.

Au reste, il est évident, d'après la discussion qui précède, qu'il faut en appeler de nouveau à l'expérience avant de prendre aucun parti à l'égard des matières qui en ont été le sujet.

Je dois ajouter toutefois que, si le sang soumis à l'analyse contenait une quantité appréciable d'urée, comme elle est soluble dans l'alcool et dans l'eau ; c'est dans le produit précédent qu'on la rencontrerait, et il serait facile de l'en isoler par les procédés connus. Cette substance n'a

(1) Journal de Pharmacie, 1831, tom. XVII, pag. 493.

pas encore été trouvée dans le sang normal, et MM. Prevost et Dumas n'en ont constaté la présence dans le système sanguin du chien et du chat, qu'après avoir placé ces animaux dans des circonstances toutes particulières, en leur faisant l'amputation des reins. Cependant les expériences de ces habiles chimistes ont paru assez précises pour justifier leurs conclusions, qui sont généralement adoptées aujourd'hui.

Le produit soluble dans l'eau, et insoluble dans l'alcool, est également insoluble dans l'éther.

M. Berzélius a pensé qu'il pouvait résulter de l'action de l'eau bouillante sur l'albumine ou la fibrine; mais M. Denis (1) a combattu cette opinion en montrant qu'il suffisait, pour se le procurer, de faire digérer pendant deux minutes de la fibrine en poudre dans de l'eau à 80° c. D'ailleurs, M. Le Canu (2) a obtenu cette matière sans l'intermède de l'eau, en précipitant par l'alcool l'albumine, la fibrine et l'hématosine du sang, évaporant les liqueurs à siccité, et épuisant le produit par l'éther et l'alcool. Le résidu dissout dans l'eau, M. Le Canu y a versé quelques gouttes d'acide acétique qui ont précipité des flocons blanchâtres, solubles dans l'ammoniaque, les acides acétique et hydrochlorique. Ces observations l'ont amené à conclure que la matière dont il s'agit existait toute formée dans le sang, et qu'elle pouvait bien n'être qu'un composé d'albumine et de soude.

M. Denis, il est vrai, semble attacher une grande importance à cette matière, pour laquelle il propose le nom de *cruorine*, et qu'il regarde comme un nouveau principe immédiat en se fondant sur ce que l'on a admis comme tels plusieurs substances, dont l'existence n'est pas mieux

---

(1) Recherches expérimentales, etc., pag. 109.
(2) Journal de Pharmacie, tom. XVII, pag. 489.

prouvée. Je suis loin de partager son opinion à cet égard, et je crois au contraire que si l'existence de ces principes n'est pas mieux prouvée que celle de la cruorine, on ne doit admettre ni la cruorine ni ces principes, mais attendre pour tous les résultats d'un nouvel examen.

Quoi qu'il en soit, cette matière, lorsqu'elle est extraite de la fibrine ou de l'albumine par l'action de l'eau bouillante, est blanche, sèche, dure et d'un goût agréable, quoiqu'un peu stiptique. Elle attire l'humidité de l'air, se dissout facilement dans l'eau, surtout à chaud, et précipite en flocons blancs par l'infusion de noix de galle.

On voit, par l'exposé précédent, que la nature des matières extractives du sang est bien mal connue, et qu'on ne doit admettre quant à présent, dans ce liquide, ni l'osmazôme ni la cruorine.

Cette conclusion est bien peu satisfaisante sans doute, et montre combien la chimie animale est loin de la précision que comporte aujourd'hui la chimie minérale ; mais il n'en est pas de même heureusement des produits extraits du sérum par l'alcool. Je vais exposer d'abord les observations dont ils ont été l'objet jusqu'à ce jour ; je présenterai ensuite les résultats auxquels j'ai été conduit par mes recherches particulières.

Produit alcoolique du sérum.

Lorsqu'on traite par l'alcool bouillant, ou par l'éther aidé de la chaleur et d'une forte pression l'albumine du sang épuisée d'abord par l'eau, on obtient, après l'évaporation du véhicule, une substance que M. Vauquelin a qualifiée de graisse sans en définir la nature, et que M. Denis (1) regarde comme un mélange des graisses

(1) Recherches expérimentales, pag. 101, etc.

phosphorées rouge et blanche, que M. Vauquelin a découvertes dans la pulpe encéphalique, et que M. Chevreul a reconnues dans la fibrine. Cette substance contient de l'oxigène, de l'hydrogène, du carbone, de l'azote, du phosphore et même du soufre, et se distingue par des propriétés bien tranchées de toutes les matières qu'on pourrait lui comparer. Cependant elle réclame encore un sérieux examen, et sa composition complexe semble promettre un grand intérêt aux résultats de son étude.

Je n'entrerai pas dans d'autres détails sur son histoire; je ferai observer seulement que l'on doit abandonner la distinction que l'on en a faite en graisse phosphorée blanche et graisse phosphorée rouge, puisqu'il résulte des expériences de M. Chevreul que cette graisse est blanche à l'état normal, et ne devient rouge que par suite d'une altération.

Depuis les travaux de M. Denis, M. Le Canu (1) a établi, dans son mémoire couronné par l'Académie de médecine, que le sérum renfermait constamment une matière huileuse saponifiable, qu'il a regardée comme un nouveau principe immédiat. Cette matière huileuse se trouve dans l'extrait alcoolique du sérum, mélangée avec la graisse phosphorée. M. Le Canu les sépare à l'aide de l'alcool froid, qui n'attaque pas sensiblement la graisse phosphorée, et dissout facilement au contraire la matière huileuse.

Ainsi, l'on a reconnu jusqu'à présent deux principes caractérisés dans l'extrait alcoolique du sérum : l'un est la graisse phosphorée, l'autre la matière huileuse signalée par M. Le Canu; et ces deux principes ajoutés à l'albumine, aux sels, aux matières extractives qui sont encore inconnues, et à l'eau, représentent la composition du sé-

(1) Journal de Pharmacie, tom. XVII, pag. 491.

rum telle qu'on l'admettait au moment où je me suis occupé de son étude.

Ce résultat, bien qu'il offrît déjà un grand intérêt, était loin cependant de répondre à l'idée que j'ai émise précédemment sur la composition du sérum, et il était naturel de penser que l'analyse de ce liquide devait conduire tôt ou tard à la découverte de nouveaux élémens. Encouragé par cette idée, je me suis attaché à répéter cette analyse, et dans l'espoir d'en mieux apprécier les données, je n'ai voulu commencer mes expériences qu'après avoir obtenu une assez grande quantité de sérum formée par la réunion des produits de trois fortes saignées.

Ce liquide, desséché à une douce chaleur, épuisé par l'eau bouillante et desséché de nouveau, a été réduit en poudre et traité par l'alcool bouillant; les liqueurs alcooliques étaient incolores; elles se sont troublées par le refroidissement, et ont laissé déposer avec beaucoup de lenteur des flocons blancs que le filtre en a séparés. Ces flocons, d'un aspect gras et nacré, se présentaient en petites plaques légèrement translucides, mais sans forme cristalline. Ils m'ont paru constituer un nouveau principe immédiat que j'ai désigné par le nom de séroline, et sur lequel je reviendrai plus tard.

L'alcool filtré a été distillé au bain-marie; lorsqu'il s'est trouvé réduit au quart de son volume, la distillation a été suspendue et je l'ai laissé refroidir. Il n'a pas tardé à se troubler légèrement en blanc laiteux, mais il ne s'est pas formé de dépôt notable.

L'évaporation continuée dans une capsule a fourni un résidu d'un aspect brun jaunâtre, peu foncé, de consistance térébenthineuse, faisant émulsion avec l'eau froide, d'une saveur âcre et d'une odeur analogue à celle de la graisse phosphorée du cerveau.

Ce résidu, trituré à froid dans l'alcool à 36 degrés, l'a

coloré en jaune et s'est attaché au tube à la manière d'une résine molle. J'ai renouvelé l'alcool jusqu'à ce qu'il cessât de se colorer et séparé ainsi deux produits; l'un soluble dans l'alcool devait être la matière huileuse de M. Le Canu, et l'autre la matière grasse du cerveau.

En effet, ce dernier était insoluble dans l'alcool froid, soluble au contraire dans l'alcool bouillant et dans l'éther, à l'exception d'une très-petite quantité de matière rosâtre que sa faible proportion ne m'a pas permis d'étudier. Il cristallisait en lames brillantes, était sans action sur les réactifs colorés, inaltérable au contact des alcalis, faisait émulsion avec l'eau froide, et réunissait en un mot tous les caractères attribués par MM. Vauquelin et Chevreul à la graisse cérébrale.

La solution alcoolique abandonnée à elle-même a laissé déposer au bout d'un certain temps des petites plaques cristallines d'une apparence analogue à celle de la cholestérine, et dont je décrirai plus loin les propriétés. Cette même solution, séparée des cristaux précédens, a été évaporée à siccité; elle a fourni un résidu visqueux, d'une saveur âcre, et très-soluble dans l'alcool; cependant il retenait encore de la graisse cérébrale que j'en ai isolée autant que possible à l'aide de l'alcool à 22° qui paraît n'avoir pas d'action notable sur elle. Enfin je l'ai dissous dans l'éther qui en a séparé quelques traces de matières salines.

Ainsi purifié, ce nouveau produit était mou, sensiblement transparent, d'une saveur âcre et savonneuse un peu altérée par celle de la graisse phosphorée, très-soluble dans l'alcool et l'éther; il se dissolvait sensiblement dans l'eau, soit à chaud, soit à froid, et la rendait mousseuse comme aurait fait un véritable savon; enfin il ramenait rapidement au bleu la couleur du tournesol rougie par un acide. A ces caractères, il m'était impossible de

reconnaître dans ce produit une matière huileuse, et l'idée la plus naturelle était de la regarder comme un véritable savon.

Pour décider cette question intéressante, je dissolvis la matière dans l'eau à chaud, et versai dans la solution quelques gouttes d'acide hydrochlorique. Aussitôt d'abondans flocons se séparèrent d'un liquide transparent, et vinrent se fondre à sa surface avec l'apparence d'une huile. Cette huile, lavée abondamment à l'eau chaude jusqu'à ce qu'elle ne présentât plus aucune trace d'acide hydrochlorique, rougissait fortement le papier de tournesol humide, elle ne faisait point émulsion avec l'eau, se dissolvait rapidement dans l'alcool et l'éther, qu'elle rendait acides, se combinait immédiatement avec la soude et reproduisait une dissolution semblable à celle du savon naturel. J'ai fait quelques essais pour reconnaître la nature de la graisse acide dont ce savon était formé; mais la faible quantité de produit que j'avais à ma disposition, et surtout la présence d'un peu de graisse phosphorée dont je n'avais pu la débarrasser, m'ont empêché d'obtenir des caractères assez tranchés pour que je puisse me prononcer sur ce point. Je me bornerai à dire que cette matière est très-probablement un mélange des acides oléique et margarique.

On a vu précédemment qu'en traitant par l'alcool froid l'extrait alcoolique du sérum, j'avais entraîné une substance qui n'a pas tardé à se déposer au fond de la liqueur sous forme de petites plaques cristallines assez semblables à la cholestérine. La découverte du savon alcalin qui accompagnait ces cristaux, et que l'analyse a signalé dans la bile en même temps que la cholestérine, me fortifia dans l'idée qu'ils pouvaient bien être formés de cette substance, et, quoique leur poids ne s'élevât pas à deux centigrammes, je n'hésitai pas à les soumettre à quelques épreuves pour éclaircir cette importante question.

Parmi les caractères de la cholestérine, celui qui la distingue le plus nettement des autres matières grasses, c'est la température de son point de fusion qui s'élève jusqu'à + 137°. Ce ne fut pas sans une vive satisfaction que je retrouvai, à un degré près, la même propriété dans les cristaux que je lui comparais. Néanmoins, cette seule observation était insuffisante pour m'autoriser à établir, comme un fait démontré, l'existence de la cholestérine dans le sang, et il était nécessaire d'en fournir de nouvelles preuves ; mais j'avais si peu de matière, que je n'osais entreprendre aucune expérience dans la crainte de n'en pas tirer le meilleur parti possible.

Dans cette situation embarrassante, je consultai M. Chevreul : cet illustre chimiste m'accueillit avec une bonté dont je suis heureux de pouvoir lui témoigner ici ma vive reconnaissance, et c'est d'après ses conseils, et sous ses yeux, que j'ai soumis, comparativement aux essais que je vais décrire, de la cholestérine parfaitement pure, extraite des calculs biliaires, et la cholestérine problématique du sang humain.

Cholestérine des calculs biliaires.	*Cholestérine du sang.*
Cristallisée dans l'alcool elle se présente sous forme de plaques brillantes.	Son aspect présente la plus grande analogie avec celui de la cholestérine.
Mise en contact avec l'acide sulfurique concentré, elle rougit immédiatement et redevient blanche à mesure que l'acide sulfurique s'affaiblit aux dépens de l'humidité de l'air.	Même observation.
Elle fond à + 137° centigrades.	Elle fond entre 135 et 137 degrés.
Elle ne fait émulsion avec l'eau ni à chaud ni à froid.	Elle se divise légèrement dans l'eau froide, et si on chauffe, elle se réunit en flocons.
Traitée à chaud par l'eau de potasse pendant 6 heures, elle y conserve son aspect cristallin et bril	L'eau de potasse ne semble lui faire éprouver aucune modification, et pendant tout le temps de l'opéra-

lant, et n'éprouve aucune modification.	tion elle flotte dans la liqueur sous forme de flocons. Dans les deux expériences précédentes, cette matière se distingue de la cholestérine des calculs biliaires par son état floconneux et l'absence de tout éclat cristallin ; mais cette différence semble dépendre de ce qu'elle retient un peu de graisse phosphorée dont elle conserve l'odeur ; je suis d'autant plus fondé à le croire, qu'un mélange artificiel de cholestérine et de graisse du cerveau m'a présenté exactement les mêmes phénomènes dans les mêmes circonstances.
Si l'on ajoute de l'acide hydrochlorique à l'eau de potasse qui a chauffé avec la cholestérine, il ne se manifeste aucun trouble, ce qui prouve qu'il ne s'est pas formé de combinaison soluble entre l'alcali et la matière grasse.	Même observation.
Traitée à chaud par l'acide nitrique, elle verdit d'abord, probablement par l'interposition entre ses parties d'un peu d'acide hyponitrique, puis elle jaunit. Si après avoir évaporé l'acide à siccité, on traite le résidu par l'eau de potasse très-étendue, on obtient une dissolution de couleur brune foncée.	Même observation, seulement la dissolution alcaline est d'un brun un peu plus foncé. Cette différence peut dépendre d'une légère inégalité dans la température appliquée aux deux matières comparées.
Cette liqueur, décomposée par l'acide hydrochlorique, donne naissance à des flocons qu'une légère chaleur réunit à la surface du liquide sous forme d'une matière huileuse brune.	Même observation.

On voit, par le parallèle qui précède, combien la substance dont il s'agit présente de ressemblance avec la cholestérine. D'autre part, en la comparant à la graisse phosphorée du cerveau, j'ai observé que si cette substance présentait de l'analogie avec elle dans sa cristallisation, rougissait au contact de l'acide sulfurique concentré, et résistait comme elle à l'action des alcalis, d'un autre

côté elle n'avait pas la même fusibilité, restait molle, jaunâtre et presque transparente après avoir été fondue; au lieu de reprendre immédiatement son opacité et sa blancheur, se montrait plus difficilement attaquable par l'acide nitrique, et ne donnait pas une solution brune par l'addition de la potasse.

Cependant ces caractères, reconnus d'ailleurs sur de très-petites quantités de matière, ne sont peut-être pas assez tranchés pour m'autoriser à un jugement définitif, et je dois me borner à signaler l'existence de la cholestérine dans le sang comme un fait extrêmement probable, mais qui demande encore la sanction de quelques expériences exécutées sur une plus grande échelle, et que je ne tarderai pas à entreprendre.

Il est bon de faire remarquer toutefois que les cristaux de cholestérine, que j'ai retirés du sang, m'ont été fournis par un mélange de sérum provenant de trois individus différens, et que j'ai encore reconnu leur existence dans le sang d'un ictérique, et dans celui d'un cinquième sujet bien portant. Cette remarque s'applique également au savon que j'ai signalé, et me semble prouver que ces deux substances existent constamment dans le sang.

Je ne dois pas quitter ce sujet sans citer les observations de M. le docteur Denis, relativement à l'existence de la cholestérine dans le sang humain.

Voici comment il s'exprime, page 100 de ses Recherches expérimentales, etc. :

« La cholestérine n'a, je crois, jamais été trouvée dans
» le sang par les chimistes; cependant je l'y ai rencontrée,
» mais seulement dans quelques espèces de cette humeur,
» ce qui me fait penser qu'elle est un produit morbide.
» Lorsqu'elle existe dans le sang que l'on analyse, elle se
» précipite en paillettes nacrées quand se refroidit l'alcool
» que l'on a fait agir sur les diverses parties de cette hu-
» meur pour en extraire les graisses phosphorées. »

D'après ce passage, il est évident que M. Denis croit avoir découvert la cholestérine dans le sang. Cependant, si l'on fait attention que c'est dans la liqueur qui contenait la graisse phosphorée que cet observateur dit l'avoir rencontrée, et que cette graisse phosphorée cristallise précisément en paillettes ou lames brillantes très-analogues à la cholestérine, par le refroidissement de l'alcool qui la tient en dissolution, il devient bien vraisemblable que la cholestérine de M. Denis n'est autre chose que cette graisse phosphorée elle-même. D'ailleurs, M. Denis ne donne aucune preuve à l'appui de son opinion, et ne paraît avoir fait aucune expérience pour la vérifier. Il en résulte qu'elle n'a pu avoir jusqu'ici d'autre valeur que celle d'une simple supposition, et n'a établi, en aucune manière, l'existence dans le sang d'un principe aussi intéressant que la cholestérine, et aussi difficile à distinguer des matières qui l'accompagnent dans ce liquide, ainsi qu'on a pu en juger par les nombreuses expériences auxquelles je l'ai soumis.

De la séroline.

On se rappelle que j'ai donné le nom de séroline à la matière blanche et légèrement nacrée qui s'est précipitée par le refroidissement, de la décoction alcoolique du serum desséché.

Vue au microscope, cette matière semble formée de filamens renflés de distance en distance par des petits globules blancs et opaques qui leur donnent l'apparence de chapelets.

Elle se fond à + 36°, se montre sans action sur les papiers réactifs, et rougit, comme la cholestérine, au contact de l'acide sulfurique concentré.

Elle ne fait point émulsion avec l'eau froide, et si on chauffe, elle vient flotter à la surface du liquide sous forme d'une huile incolore.

L'éther sulfurique la dissout facilement, même à froid. L'alcool à 36°, au contraire, n'en dissout que des traces à la température de l'ébullition, et n'exerce pas la moindre action sur elle lorsqu'il est employé froid.

Traitée à chaud pendant 6 heures par l'eau de potasse, elle ne paraît éprouver aucune modification, et l'acide hydrochlorique ne produit pas le moindre trouble dans la liqueur alcaline.

Les acides acétique et hydrochlorique ne lui font éprouver aucune altération apparente ni à froid ni à chaud.

Chauffée pendant long-temps avec l'acide nitrique, elle n'est point dissoute, mais devient soluble dans l'eau de potasse qu'elle colore en brun.

Distillée à la lampe dans un petit tube de verre, elle répand une odeur très-caractéristique, fournit des vapeurs alcalines, un léger résidu charbonneux, et semble se volatiser en partie.

La petite quantité que j'ai obtenue de cette matière ne m'a pas permis de la soumettre à un plus grand nombre d'épreuves, mais celles dont je viens de faire connaître les résultats me semblent suffire pour la caractériser comme un nouveau principe immédiat et justifier le nouveau nom que je lui ai assigné.

Telles sont les substances diverses que je suis parvenu à extraire du serum desséché en le traitant par l'alcool; on voit que ces résultats modifient singulièrement ceux que ce moyen d'analyse avait fournis jusqu'à ce jour.

S'il est démontré en effet, par les recherches de M. Chevreul comme par mes propres expériences, que la graisse phosphorée du cerveau existe dans le sérum, il n'est pas moins évident, ce me semble, que la matière huileuse, observée par M. Le Canu, ne peut plus être admise au nombre des matériaux de ce liquide, et qu'on doit y compter, à sa place, le savon alcalin, et en outre la *séroline* et la *cholestérine* que je viens d'y signaler.

Indépendamment des sels et des matières extractives précédemment étudiées, le sérum contient encore l'albumine et la fibrine, dont il me reste à parler pour achever l'histoire des divers produits de son analyse.

De l'albumine.

L'albumine n'est autre chose que le sérum desséché, moins la fibrine et les matières extractives solubles dans l'alcool et dans l'eau, dont je viens de présenter l'histoire. On la rencontre dans le sang et dans presque tous les liquides animaux; cependant elle n'a jamais encore été obtenue pure sans altération. Aussi la science ne peut-elle fournir que des données très-vagues sur sa nature. Cela s'explique surtout par la facilité avec laquelle elle se coagule et devient insoluble sous l'influence de la chaleur, de l'alcool et de plusieurs autres réactifs.

Je ne décrirai point ici les propriétés que l'on attribue généralement à l'albumine, parce qu'elles ne présentent rien de spécial à l'albumine du sang, et doivent être d'ailleurs nécessairement modifiées par les premières recherches méthodiques dont elles seront l'objet.

De la fibrine.

Pour terminer l'histoire des matières dissoutes dans le sang en circulation, il me reste à parler des sels et de la fibrine. Mes expériences ne m'ayant signalé dans cette dernière substance aucune propriété nouvelle, je rappellerai seulement qu'elle présente la plus grande analogie avec l'albumine coagulée, mais qu'il est facile néanmoins de l'en distinguer à l'aide de l'eau oxigénée, qu'elle décompose instantanément, tandis que l'albumine est sans action sur elle. Quant aux sels, leur détermination ne présente aucune difficulté; je me contenterai donc de les

indiquer dans le tableau général des matériaux du sang, que je me propose de présenter à la fin de leur étude.

Je passe à l'examen de cette partie du sang qui est en suspension dans le sérum, et que l'on désigne sous le nom de globules. J'aborde ce nouveau sujet sans tirer aucune conséquence de l'analyse du sérum, me réservant, lorsque j'aurai achevé l'histoire de tous les matériaux découverts jusqu'ici dans le sang, de jeter un coup d'œil d'ensemble sur sa composition, et de présenter les réflexions que leur étude m'aura suggérées.

DES GLOBULES DU SANG.

Depuis l'époque où le sang est devenu l'objet d'une étude méthodique, la substance qui le colore a particulièrement arrêté l'attention des observateurs. C'est en elle, en effet, que se manifeste la seule modification apparente que le sang éprouve pendant l'acte si essentiel de la respiration, et il était naturel d'en conclure que, de tous les matériaux de ce liquide, c'était celui qui intéressait le plus immédiatement la vie. Aussi, lorsqu'on passe en revue les nombreux travaux qui ont été entrepris sur le sang, voit-on que la connaissance des globules colorés, qu'il tient en suspension, a été leur but principal.

Le premier et le plus important résultat auquel ces travaux aient conduits, est la découverte du fer qui fut d'abord signalé dans le sang par Badia, et reconnu bientôt après par Galeati, Lemery et Menghini. Ce dernier généralisa cette découverte par ses observations sur le sang des mammifères, des reptiles, des oiseaux et des poissons, qui tous lui présentèrent le fer au nombre des élémens de ce liquide. Ses laborieuses recherches l'amenèrent à cette conséquence, que c'est surtout dans les

globules sanguins que le fer existe, et que sa proportion dans le sang est liée à celle de ces mêmes globules.

Buquet (1) alla plus loin, et, après avoir reconnu le premier que le caillot est formé de fibrine et de matière colorante qui ne semble différer de l'albumine du sérum que par sa couleur et le fer qu'elle contient, il établit que c'est à ce métal que l'on doit attribuer la couleur du sang, et que, dans les maladies chroniques où cette couleur s'affaiblit, on peut la relever par l'usage des préparations ferrugineuses.

Depuis lors cette opinion a été tour à tour attaquée ou défendue par des raisonnemens et des expériences, et l'on s'est surtout livré à de nombreuses tentatives pour reconnaître sous quelle forme le fer existe dans le sang. Mais tous ces efforts n'ont point encore donné à cette question une solution définitive.

MM. Deyeux et Parmentier paraissent être les premiers chimistes qui aient entrepris des recherches suivies, pour apprécier la nature de la combinaison ferrugineuse qui fait partie du sang. Avant eux, il est vrai, Sage et Gren l'avaient regardée comme un phosphate de fer, mais ils n'avaient avancé aucune preuve à l'appui de leur opinion. MM. Deyeux et Parmentier admirent que le fer existait dans le sang à l'état d'oxide, et qu'il y était tenu en dissolution à la faveur de la soude (2). Trois ans plus tard, le docteur Wels nia que le fer eût aucune influence sur la couleur du sang, et attribua cette couleur à l'organisation particulière de la matière animale qu'elle caractérise.

---

(1) Johnson. History of animal Chemistry, t. I, p. 45.

(2) Journal de Physique de Lamétherie, pag. 448 et 449, année 1794. Dans le même ouvrage, pag. 450 : « MM. Deyeux et Parmentier évaluent, d'après Menghini, le fer contenu dans le sang d'un homme en bonne santé à 3 onces environ, puis ils ajoutent : Comme le fer est le

Fourcroy et Vauquelin, en se livrant à de nouvelles recherches sur le même sujet, furent conduits à regarder le sous-phosphate de fer comme l'unique cause de la coloration du sang (1). Mais cette opinion, combattue par M. Berzélius, ne put résister à ses expériences multipliées (2).

Enfin, tout en avouant que l'on ne connaissait rien de précis sur la nature du composé ferrugineux qui donnait au sang sa couleur rouge, on admettait en général que le fer n'existait ni dans le sérum ni dans la fibrine, mais qu'il était réuni tout entier dans la matière colorée; lorsque M. Brande et M. Vauquelin vinrent ébranler cette croyance.

Le premier (3), ayant recherché le fer dans la fibrine, le sérum et les globules, prétendit que ces trois matières en fournissaient une égale proportion et qu'elles n'en contenaient que des traces. Il conclut de ses observations, que le principe colorant du sang était une substance purement animale, dont la couleur rouge résultait uniquement de sa nature, comme celle des principes colorans des végétaux.

Mais M. Brande ne s'étant expliqué dans son Mémoire

---

symbole de la force, la totalité de ce que le sang d'un homme en contient offrirait un grand degré d'intérêt aux âmes sensibles, si on l'employait à éterniser la mémoire de ses talens et de ses vertus. Becker avait eu une pareille idée, en recommandant à l'amitié le soin de vitrifier les os; mais les restes précieux de l'humanité seraient trop fragiles réduits sous cette forme. Le fer deviendrait un monument plus durable de l'existence; on pourrait en frapper une médaille sur laquelle serait gravée l'effigie de celui auquel il aurait appartenu. De quels sentimens de vénération seraient pénétrés les parens, les amis, les citoyens à la vue d'une pareille relique. »

(1) Fourcroy. Système des Connaissances chimiques, tom. IX, pag. 153.

(2) Annales de chimie, tom. LXXXVIII, pag. 49.

(3) Annales de chimie, tom. XCIV, pag. 34.

ni sur la pureté absolue de chacune des matières qu'il avait soumises à l'expérience, ni sur la quantité précise de fer qu'il y avait trouvée, et ses résultats d'ailleurs étant en contradiction évidente avec les observations de Menghini, Rouelle, Berzélius et plusieurs autres chimistes habiles, il y avait tout lieu de croire qu'il avait été induit en erreur, lorsque M. Vauquelin, en confirmant ses résultats, vint leur ajouter tout le poids de son autorité dans la science.

Pour obtenir la matière colorante du sang, M. Vauquelin écrase le caillot bien égoutté, avec 4 parties d'acide sulfurique étendu de 8 parties d'eau, et fait chauffer le mélange à 70 degrés centigrades pendant 5 à 6 heures. Il filtre la liqueur encore chaude, la concentre, la sature presque entièrement par l'ammoniaque, l'abandonne au repos et obtient bientôt un dépôt de couleur rouge pourpre; c'est la matière colorante pure. Elle se dissout dans les acides et les alcalis, et les dissolutions qu'elle fournit avec les premiers ne précipitent ni par l'acide gallique, ni par le prussiate de potasse; tandis qu'il est facile, à l'aide de ces mêmes réactifs, de démontrer la présence du fer dans la liqueur d'où cette matière colorante a été précipitée par l'ammoniaque. De ces résultats, M. Vauquelin a conclu que l'acide sulfurique enlevait le fer à la matière colorante sans la décolorer, et qu'ainsi ce métal n'était point au nombre des élémens nécessaires à son existence (1).

L'autorité que le nom de cet illustre chimiste fit obtenir à ces conséquences, tout-à-fait conformes d'ailleurs aux assertions de M. Brande, déterminèrent M. Berzélius à entreprendre de nouvelles recherches sur ce sujet pour décider la question entre MM. Brande et Vauquelin d'une

(1) Annales de chimie et de Physique, tom. I, pag. 10, etc.

part, et les autres observateurs qui avaient ainsi que lui-même regardé le fer comme partie essentielle du principe colorant du sang. Il reconnut que ce principe, tel que l'avait obtenu M. Vauquelin, fournissait des cendres très-ferrugineuses, et que d'ailleurs le procédé qu'il avait employé pour l'obtenir était extrêmement défectueux, puisqu'il exigeait un grande quantité d'acide et d'ammoniaque pour donner un produit moins exempt d'albumine et de fibrine, et beaucoup moins abondant que la partie du caillot que l'acide n'avait point attaquée; de telle sorte, que ce résidu aurait été pris pour produit à plus juste titre que le produit lui-même.

Après ces dernières observations, il était impossible de nier la présence du fer dans le principe colorant du sang; et il était facile de s'expliquer comment M. Vauquelin avait été entraîné à soutenir l'opinion contraire, en observant qu'il n'avait pas calciné sa matière pour mettre le fer en liberté; mais qu'il s'était borné à l'essayer par l'infusion de noix de galle et le prussiate de potasse, réactifs tout-à-fait insensibles à la présence du fer, tant qu'il fait partie intégrante de la substance animale.

Il paraît cependant que la réfutation expérimentale de M. Berzélius ne porta point une conviction absolue dans tous les esprits; car, bien qu'elle date de 1817, on rencontre encore aujourd'hui dans des ouvrages de physiologie et de chimie les opinions dont elle a démontré la fausseté. C'est ainsi que je me suis trouvé entraîné à répéter les expériences de M. Vauquelin.

Je reconnus facilement, à l'aide du prussiate de potasse, que la liqueur acide dont l'ammoniaque avait précipité la matière colorante, renfermait, il est vrai, quelques traces de fer, ainsi que M. Vauquelin l'avait observé; mais en traitant cette même matière précipitée, par un courant de chlore après l'avoir délayée dans l'eau, je vis bientôt sa couleur s'altérer et disparaître entièrement,

tandis que la liqueur acquit la propriété de se colorer en bleu par le prussiate de potasse.

Il est donc évident, d'après tout ce qui précède, que le fer fait partie essentielle de la matière colorante du sang, et qu'on n'a jamais obtenu cette matière avec les caractères qui la distinguent sans y rencontrer cet élément. Au reste, la suite de son histoire ne fera qu'ajouter de nouvelles preuves à cette vérité importante, et qui doit enfin, après toutes les discussions contradictoires auxquelles elle a donné lieu, être dorénavant admise comme un fait incontestable.

Je n'ai cité jusqu'ici que la méthode indiquée par M. Vauquelin pour obtenir le principe colorant du sang, et on a vu combien il était loin de conduire à des résultats satisfaisans. Plusieurs autres moyens ont été proposés pour dépouiller ce principe des substances étrangères qui l'accompagnent dans le caillot. Je vais les passer en revue; mais pour les apprécier il est nécessaire d'abord de définir ce que l'on entend par matière colorante du sang, et quelle est la nature des substances qui l'accompagnent dans le caillot. Or, jusqu'à ces derniers temps, on a donné le nom de matière colorante ou d'hématosine à ce qui forme à mes yeux les globules du sang entiers, puisque je ne regarde plus la fibrine comme partie intégrante de ces globules; et on a admis que cette matière, enveloppée dans la fibrine avec une quantité plus ou moins grande de sérum interposé, formait le caillot.

Il s'agit donc, d'après cela, pour obtenir l'hématosine pure, de la débarrasser de la fibrine et du sérum qui l'accompagnent; et c'est là en effet le but qu'on s'est proposé dans les différens procédés que MM. Brande, Berzélius, Engelhart, Denis et Le Canu ont successivement indiqués.

Le premier propose d'agiter le sang au sortir de la veine afin d'enlever la fibrine qui se sépare en longs fila-

mens, d'abandonner la liqueur à elle-même, jusqu'à ce qu'il se soit formé un dépôt de matière colorante, et de décanter le sérum surnageant.

Le second coupe le caillot en tranches minces, les débarrasse autant que possible du sérum en les plaçant sur des feuilles de papier brouillard, les triture ensuite dans une petite quantité d'eau, chauffe la dissolution et coagule la matière colorante, ou la dessèche à une douce chaleur pour l'obtenir à un état soluble.

Beaucoup plus récemment MM. Engelhart et Denis, l'un dans sa thèse couronnée en 1825 à la Société de médecine de Gottingue, l'autre dans ses recherches expérimentales sur le sang humain, imprimées en 1830, ont proposé un procédé fort ingénieux pour obtenir l'hématosine. Mais leur produit n'étant point encore entièrement dépouillé d'albumine, et d'ailleurs étant réduit à l'état de coagulum insoluble, ne me paraît pas avoir toute l'importance que ces observateurs et M. Engelhart, surtout, lui ont attribué. Cependant, comme ce procédé est curieux en lui-même et a fourni à M. Denis l'occasion de quelques observations intéressantes, je crois devoir entrer dans quelques détails à son égard.

M. Engelhart (1) remarquant que le sérum étendu de 10 parties d'eau ne se trouble pas à la température de 75 degrés centigrades, tandis que l'hématosine se coagule de 65 à 68 degrés, quelle que soit la quantité d'eau qui la tient en dissolution, eut l'idée de profiter de cette différence pour isoler ces deux matières. Il fit une dissolution de caillot dans une quantité d'eau telle qu'elle contînt un cinquantième de matière solide, et éleva sa température jusqu'à 65 degrés. Aussitôt l'hématosine coagulée se sépara du liquide décoloré, et il ne

---

(1) Engelhart, pag. 41.

resta dans celui-ci que de l'albumine, dont il reconnut la présence à l'aide de l'acide phosphorique et du bi-chlorure de mercure. M. Engelhart a borné là ses recherches, et sans s'assurer par expérience que la séparation des deux substance animales était complète, il l'a admise à priori.

Quelques années après M. Denis (1) fit usage d'un procédé tout-à-fait semblable à celui de M. Engelhart, bien qu'il n'eût pas connaissance des observations de ce chimiste; mais, avant de l'employer pour l'analyse du sang, il s'occupa d'en apprécier la rigueur. Dans ce but, il prit une partie de sang desséché à une très-douce chaleur, la dissolvit dans 30 parties d'eau, et la soumit à une température graduellement croissante. La liqueur se troubla à 55 degrés, sa couleur passa du rouge-brun à la teinte café au lait; enfin, des grumeaux d'une matière onctueuse, composée d'albumine et d'hématosine, se séparèrent lentement, et leur quantité devint plus considérable à mesure que la chaleur allait croissant; mais ce n'est qu'à la température de 90 degrés que la dissolution fut entièrement décolorée, et d'ailleurs la petite quantité de résidu qu'elle fournit par l'évaporation n'était pas même de l'albumine complétement dépouillée de matière colorante. Il était facile de conclure de ces résultats que la présence simultanée de l'albumine et de l'hématosine dans le même liquide changeait le mode de précipitation de chacune de ces substances. De nouveaux essais exécutés avec des mélanges connus d'albumine et d'hématosine solubles démontrèrent à M. Denis que, lorsque l'albumine se trouve associée à l'hématosine dans la proportion de 1 partie de la première contre 12 parties de la seconde, celle-ci se coagule en n'entraînant qu'une quantité extrêmement faible d'albumine, de sorte

(1) Recherches expérimentales, etc., pag 92.

qu'en délayant dans 70 fois son poids d'eau le caillot débarrassé autant que possible de sérum, et chauffant la liqueur jusqu'à 70 degrés, il est facile d'obtenir l'hématosine presque entièrement pure.

Le procédé de M. Le Canu (1) est une simple modification de celui de M. Berzélius. Il se borne à partager le caillot en parties extrêmement tenues, et à le délayer à plusieurs reprises dans l'eau distillée pour le débarrasser du sérum adhérent, en ayant soin d'exprimer fortement dans un linge la masse restante. Ce résidu est ensuite lavé dans un nouet qui retient la fibrine, tandis que l'hématosine se dissout dans l'eau. La solution évaporée à une douce chaleur fournit de l'hématosine soluble, mais qui, comme tous les produits des procédés précédens, retient encore un peu de sérum. Au reste, cette quantité est si faible, quand l'hématosine a été préparée d'après l'un des trois derniers procédés, qu'elle ne saurait induire en erreur dans les expériences dont elle peut être le sujet. Cependant la valeur de chacun de ces procédés varie suivant le but qu'on se propose d'atteindre. Ainsi, veut-on déterminer la proportion absolue d'hématosine, ou autrement de globules contenus dans une quantité donnée de sang, celui de M. Denis doit être préféré, parce qu'il est plus exact. Veut-on, au contraire, obtenir l'hématosine pour étudier ses propriétés, ce procédé ne saurait convenir, puisqu'il donne un produit insoluble, tandis que celui de M. Berzélius, ou de M. Le Canu, peut seul remplir le but que l'on se propose.

L'hématosine a été successivement étudiée par plusieurs chimistes; mais ce sont les travaux de M. Berzélius, et surtout les recherches récentes de M. Le Canu, qui ont

(1) Journal de Pharmacie, tom. XVI, pag. 735.

jeté le plus de lumière sur son histoire. J'ai répété leurs expériences les plus importantes, et je vais en retracer les traits principaux.

D'après M. Berzélius, lorsque l'on calcine la matière colorante au contact de l'air, elle dégage des produits ammoniacaux et se réduit très-difficilement en cendres, qui représentent les 0,625 de son poids d'oxide de fer. Cependant sa dissolution aqueuse n'accuse aucune trace de ce métal au contact de l'acide gallique, du prussiate de potasse et de plusieurs autres réactifs propres à le signaler; d'où M. Berzélius conclut qu'il y existe à l'état métallique. D'ailleurs, à l'exception de sa couleur et de la présence du fer au nombre de ses élémens, il lui attribue les mêmes propriétés qu'à la fibrine.

M. Le Canu (1) s'est particulièrement attaché à signaler les différences qui distinguent la matière colorante de l'albumine, en soumettant dans les mêmes circonstances des dissolutions semblables de chacune de ces matières à l'action des réactifs. Il a reconnu que, sauf la couleur du précipité, elles se comportaient de la même manière au contact de l'alcool, de la noix de galle, de l'eau de chaux, des acides sulfurique, nitrique, hydrochlorique, de l'hydriodate, du prussiate de potasse et du deuto-chlorure de mercure; mais qu'elles étaient affectées d'une manière toute différente par la chaleur et l'acétate de plomb. En effet, à 65° de chaleur la dissolution d'hématosine commence à se troubler, et à 70° elle est complétement décolorée; la dissolution d'albumine, au contraire, n'a commencé à se troubler qu'au-dessus de 75°. D'un autre côté, le sous-acétate de plomb précipite abondamment l'albumine, et ne fait naître, dans la dissolution d'hématosine, qu'un léger précipité blanc dont la matière colorante elle-même ne

(1) Journal de Pharmacie, 1830, tom. XVI, pag. 735.

fait nullement partie (1). Enfin, si on les traite comparativement par le chlore, on obtient avec l'hématosine un précipité blanc, nageant dans une liqueur ferrugineuse, tandis que la dissolution d'albumine ne présente pas de trace de ce métal (2).

L'alcool et l'éther enlèvent à l'hématosine (3) une petite quantité de matières grasses, l'ammoniaque et la potasse la dissolvent instantanément, et donnent une liqueur d'un très-beau rouge à la lumière artificielle, mais d'un rouge-verdâtre à la lumière du jour. Les acides sulfurique et hydrochlorique la dissolvent également. Avec le premier la solution est d'un beau rouge violacé, tandis qu'avec le second elle est d'un brun noir. Cette dernière peut être considérée comme un hydrochlorate d'hématosine très-légèrement acide, dissous dans l'acide hydrochlorique. On peut obtenir cette seconde combinaison en versant, dans les dernières eaux de lavage du caillot, un vingtième de leur poids environ d'acide hydrochlorique, recueillant les flocons bruns qui se précipitent, et les séchant à une douce chaleur après les avoir fortement comprimés dans un linge.

A l'aide d'un procédé plus ou moins semblable, on peut obtenir, avec le sérum, la dissolution de blanc d'œuf, et la fibrine des hydrochlorates analogues.

Ces trois hydrochlorates rougissent le tournesol et se

(1) Lorsqu'après avoir traité la dissolution d'hématosine ou simplement l'eau de lavage du caillot par le sous-acétate de plomb, et séparé le dépôt par le filtre, on ajoute assez de sulfate de soude pour précipiter tout l'oxide de plomb, on obtient une liqueur d'un rouge magnifique, que l'on peut conserver plusieurs années, sans que sa couleur s'altère en aucune façon. (Cette observation appartient à M. Le Canu.)

(2) Ainsi que M. Engelhart l'a indiqué le 1er. dans sa thèse, publiée en 1825.

(3) L'hématosine coagulée par la chaleur, et l'hématosine soluble, présentent entr'elles des différences tout-à-fait semblables à celles qui distinguent l'albumine soluble de l'albumine coagulée.

dissolvent bien dans l'eau, surtout à chaud; leurs dissolutions, étudiées comparativement par M. Le Canu, lui ont offert la plus grande analogie. Cependant, en les traitant à l'état sec et pulvérulent par l'alcool concentré à la température de l'ébullition, il a observé que l'hydrochlorate d'hématosine se dissolvait en partie dans ce véhicule, tandis que l'hydrochlorate d'albumine y était complétement insoluble. En cherchant à vérifier ce résultat, j'ai remarqué néanmoins que l'hydrochlorate d'albumine, soit qu'il provînt du sérum, soit qu'il eût été préparé avec la solution de blanc d'œuf, se dissolvait en proportion notable. Cette différence dépend peut-être de l'acidité plus ou moins grande des produits que nous avons examinés.

Au reste, lorsque l'on étudie l'action de l'alcool concentré et bouillant sur l'hydrochlorate d'hématosine de bœuf ou d'homme, parfaitement sec, on voit qu'en le soumettant à des décoctions nombreuses, on peut en dissoudre environ la moitié de son poids, et obtenir d'une part une dissolution acide d'un rouge brun foncé, et de l'autre un résidu sensiblement blanc. M. Le Canu (1), à qui l'on doit cette observation remarquable, en a conclu que la matière colorante du sang ou l'hématosine, telle qu'elle peut être obtenue par les procédés précédemment indiqués, ne constituait pas un véritable principe immédiat, puisqu'à l'aide de l'acide hydrochlorique et de l'alcool on pouvait le partager en deux parties, l'une colorée, représentant le principe colorant du sang plus pur qu'on ne l'avait obtenu jusqu'ici, l'autre incolore, formé d'une substance analogue à l'albumine.

En versant de l'ammoniaque dans la liqueur colorée, M. Le Canu a recueilli d'abondans flocons rouges qu'il a

(1) Journal de Pharmacie, tom. XVI, 1830.

regardés comme le principe colorant pur, et auxquels il a donné le nom de *globuline*.

Je dois faire observer en passant que le nom de *globuline* ne peut pas être admis, ainsi que MM. Gay-Lussac et Sérullas l'ont déjà remarqué. Je m'expliquerai plus tard à son sujet.

Cette matière, que je désignerai momentanément comme M. Le Canu, est sensiblement insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther; cependant il les colore légèrement en rose dans quelques circonstances. Elle se dissout facilement dans l'ammoniaque à 24 degrés, et surtout dans la potasse liquide, en leur communiquant une couleur rouge, et sa solubilité dans ces deux véhicules est beaucoup plus grande que celle de l'albumine coagulée. Mais, ce qui la caractérise surtout et justifie complétement l'opinion de M. Le Canu sur la nature complexe de l'hématosine et sur l'existence simultanée dans cette matière d'une substance albumineuse incolore et du principe colorant, c'est que ce principe fournit, par la calcination, une proportion de peroxide de fer qui s'élève à plus du double de celle qui a été reconnue par M. Berzélius dans les cendres de l'hématosine. En effet, celle-ci a fourni à M. Berzélius 0,00625 de peroxide de fer, tandis que M. Le Canu en a extrait 0,0174 du nouveau principe qu'il a signalé (1).

Cependant, en traitant l'hydrochlorate de globules par un procédé que M. Le Canu n'a pas publié, mais qu'il m'a indiqué verbalement, et que je me fais un plaisir de lui rapporter tout entier, on parvient à en extraire plus directement la globuline.

Ce procédé consiste à triturer l'hydrochlorate sec avec

(1) Le mémoire de M. Le Canu, sur la matière colorante du sang, se trouve dans le tome 45 des Annales de chimie et de physique, et dans le seizième du Journal de Pharmacie.

de la magnésie calcinée, et à faire bouillir le mélange avec l'alcool, il en résulte une solution neutre de globuline et un résidu blanchâtre insoluble dans l'alcool, formé de matière animale et de l'excès de magnésie.

Indépendamment de sa plus grande simplicité, le nouveau procédé de M. Le Canu présente encore sur l'ancien l'avantage de fournir un produit plus pur. Car, en faisant bouillir une dissolution alcoolique d'hydrochlorate de globuline avec de la magnésie calcinée, il a obtenu une liqueur rouge et un léger résidu d'un blanc légèrement verdâtre, composé de magnésie et de matière animale insoluble dans l'alcool bouillant. Si, comme je l'ai observé, on ajoute de l'eau à la liqueur alcoolique, on précipite immédiatement la globuline en flocons d'un brun rouge; l'éther produit le même effet, et précipite en même temps l'hydrochlorate de magnésie que l'alcool a pu entraîner. Cette même liqueur alcoolique, réduite par évaporation au tiers ou au quart de son volume, laisse la globuline se précipiter en partie sous forme de flocons bruns rougeâtres, qui paraissent se redissoudre dans l'alcool bouillant. Enfin, si on l'abandonne au repos; au bout d'un temps plus ou moins long, la globuline se dépose spontanément au fond du liquide décoloré. Dans cet état elle est insoluble dans l'alcool, et l'éther même à la température de l'ébullition.

Lorsqu'on veut obtenir cette globuline pure, on doit la laver soigneusement à l'eau, puis à l'éther et à l'alcool qui la débarrassent de quelques matières grasses. Elle est alors sous forme d'une poudre légèrement colorée en rouge briqueté.

On voit, par ces résultats, que l'hématosine est réellement un mélange d'une matière animale incolore, et d'une matière colorée, ainsi que les micrographes l'avaient déjà reconnu depuis long-temps, en admettant, dans chaque globule du sang, un sphéroïde blanc central et une en-

veloppe colorée. Indépendamment des autres preuves qui établissent ce fait remarquable, la concordance des résultats de l'analyse chimique avec ceux de l'analyse microscopique, me semble ne devoir guères laisser de doute à cet égard.

Ces deux matières n'ont pas encore été soumises à des recherches fort étendues; cependant elles se distinguent déjà par des caractères assez tranchés. Ainsi, tandis que l'une est sans couleur, insoluble dans l'alcool, et ne contient point de fer, la seconde, colorée en rouge, se dissout facilement dans l'alcool, et donne dans ses cendres une portion considérable de ce métal.

Mais si l'existence de ces deux substances paraît démontrée, si la globuline de M. Le Canu représente le principe colorant du sang, il faut avouer aussi que, dans l'état où il se trouve, après toutes les opérations qu'il a subies pour être amené à l'état de pureté, il est loin de posséder la riche et belle couleur qui caractérise le sang lui-même, et qu'il est nécessairement un produit modifié; mais enfin son existence, comme principe particulier, n'en est pas moins réelle, et c'est assurément un important résultat pour l'auteur de sa découverte, après tant de travaux infructueux dont le sang a été l'objet depuis tant d'années, d'avoir isolé cette matière intéressante. Mais il est impossible d'admettre, avec M. Le Canu, le nom de globuline qu'il lui a donné, et il importe de le changer avant qu'il soit passé en usage. Il est en effet plusieurs substances auxquelles ce nom appartient déjà. D'ailleurs, ce n'est pas cette matière seule qui constitue les globules du sang, ainsi qu'on vient de le voir, et le nom d'hématosine, par lequel on a entendu désigner jusqu'à ce jour la matière colorante de ce liquide, lui est bien préférable en tous points, puisqu'il maintient le rapport naturel qui existe entre l'opération dont le sang est l'objet dans les pou-

mons, et que l'on nomme hématôse, et la substance qui en reçoit l'influence la plus évidente. D'après ces considérations, on devra désigner l'ancienne hématosine par le nom de globules, réserver ce nom d'hématosine pour le principe colorant du sang, autrement dit la globuline de M. Le Canu, et attendre, pour nommer la matière blanche des globules, que son étude soit plus avancée. Je vais suivre dès ce moment cette nouvelle nomenclature.

Une des conséquences les plus remarquables des dernières recherches de M. Le Canu, c'est une démonstration nouvelle, et plus frappante qu'aucune autre, de cette vérité, que le fer est un élément nécessaire de la matière colorante du sang, puisqu'on le voit accompagner cette matière dans toutes les circonstances, et se concentrer davantage en elle à mesure qu'on la purifie. Cette observation ajoute encore à l'intérêt qui s'attache à la connaissance de l'état du fer dans le sang; mais les tentatives qui ont été faites dans le but de l'apprécier n'ont fourni jusqu'ici que des présomptions plus ou moins hasardées, et l'on ne sait pas encore si le fer métallique forme un des élémens de l'hématosine, comme l'hydrogène, le carbone, etc., ou s'il y existe à l'état d'oxide ou d'un composé plus ou moins analogue aux cyanures ou aux sulfo-cyanures. Cependant je dois citer à ce sujet quelques faits assez curieux que je puise dans la thèse de M. Engelhart (1). Ce chimiste, ayant remarqué que le chlore séparait facilement le fer du sang, soumit comparativement à l'action de ce gaz les globules du sang coagulés par la chaleur, la fibrine et le sérum, et obtint ainsi trois substances animales tout-à-fait exemptes de matières inorganiques, sensiblement blanches, insolubles dans l'eau,

---

(1) Thèse de M. Engelhart, pages 49 et suivantes.

solubles au contraire dans l'acide sulfurique concentré, et les alcalis caustiques, et, en un mot, présentant entr'elles une grande analogie.

J'ai facilement constaté ces résultats par l'expérience, et reconnu en outre qu'en versant un excès d'acide hydrochlorique dans la solution alcaline des globules décolorés, on précipitait un hydrochlorate de matière animale tout-à-fait comparable aux hydrochlorates que l'on peut obtenir avec l'albumine du sang ou du blanc d'œuf, et comme eux soluble en partie dans l'alcool, dont il pouvait être précipité par l'ammoniaque. Enfin l'hématosine pure, obtenue par le dernier procédé de M. Le Canu, et décolorée par le chlore, m'a présenté des propriétés analogues.

Si ces expériences suffisent pour autoriser une présomption sur la nature de l'hématosine, j'avouerai que la plus vraisemblable, à mon avis, consisterait à regarder cette substance comme un tissu albumineux coloré par une combinaison ferrugineuse.

Avant de terminer ce chapitre, je crois devoir indiquer un phénomène qui n'a peut-être pas d'importance, mais qui m'a paru assez curieux cependant pour être remarqué.

Lorsqu'on ajoute de l'ammoniaque goutte à goutte et sans précaution à la solution alcoolique de l'hydrochlorate de globules décolorés par le chlore, ou d'hydrochlorate d'albumine, on obtient un précipité de flocons blancs informes. Mais si, après avoir trempé légèrement l'extrémité d'un tube de verre dans l'ammoniaque, on le porte avec précaution à travers le liquide alcoolique jusqu'au fond du verre qui le contient, on voit bienôt paraître une espèce de membrane qui, par un mouvement mesuré, se divise en un grand nombre de petites vésicules plus ou moins globuliformes. J'ai vainement tenté d'obtenir le même ré-

sultat avec la soude, ce qui semble prouver que c'est à la volatilité de l'ammoniaque qu'il faut rapporter cette production, et que chacun des globules observés n'est autre chose qu'une couche d'albumine moulée sur une bulle de gaz ammoniac. C'est là, du moins, l'explication qui a paru la plus vraisemble à M. Chevreul, lorsque je l'ai rendu témoin de ce phénomène.

Je crois pouvoir conclure de tout ce qui précède, que les matières diverses, simples ou composées, reconnues ou encore problématiques, qui ont été jusqu'à ce jour signalées dans le sang, sont, indépendamment des sels, au nombre de douze, savoir :

1°. L'eau; 2°. l'albumine; 3°. la fibrine; 4°. la matière blanche des globules; 5°. l'hématosine ou matière colorante de ces mêmes globules; 6°. un savon alcalin très-probablement formé par les acides oléides et margarique; 7°. la cholestérine; 8°. la graisse phosphorée du cerveau; 9°. la séroline; 10°. l'urée; 11°. les matières extractives solubles dans l'alcool et dans l'eau; 12°. des matières extractives, solubles dans l'eau et insolubles dans l'alcool.

Du chlorure de sodium;
——— de potassium;
Des sous-carbonate ⎫
——— phosphate ⎬ alcalins;
——— sulfate ⎭
Du sous-carbonate de chaux;
——— de magnésie;
Des phosphates de chaux;
——— de magnésie;
——— de fer;
Du fer engagé dans une combinaison inconnue.

La plupart des chimistes, qui se sont occupés de l'étude du sang, paraissent avoir attaché une grande importance

à déterminer exactement les proportions de chacune des matières qu'ils ont reconnues dans ce liquide, et ont publié les données de leurs déterminations. Cependant, si l'on considère l'imperfection de l'analyse organique, si l'on a égard aux variations que les progrès de la science ont déjà fait éprouver aux résultats de l'analyse du sang en particulier, et à toutes les modifications que ses progrès à venir doivent nécessairement y apporter encore, on reconnaîtra comme moi, je l'espère, que les analystes ont pris une peine inutile en soumettant au calcul des données éminemment provisoires.

Ce sont ces considérations qui m'ont empêché de présenter aucune valeur quantitative dans le tableau qui précède. Je dois avouer néanmoins que, parmi les matériaux du sang, il en est quatre qui prédominent tellement dans ce liquide, et dont les proportions reposent sur un si grand nombre de déterminations concordantes, qu'il est difficile de se refuser à les admettre comme très-rapprochées de la vérité, et très-propres à servir de bases à des inductions physiologiques. Je veux parler de l'eau, de l'albumine, de la fibrine et des globules. Ces trois dernières substances en effet, lorsqu'elles ont été débarrassées au moyen de l'eau et de l'alcool des matières extractives qu'elles renferment, peuvent être regardées comme sensiblement pures; et si, comme je crois l'avoir établi précédemment pour l'albumine et les globules, elles sont elles-mêmes complexes, toujours est-il qu'on peut avec une utilité réelle, ainsi que la suite le prouvera sans doute, appliquer des déterminations pondérales à l'ensemble que forme chacune.

C'est d'après cette idée que j'ai voulu indiquer et discuter ici les proportions d'eau, d'albumine, de fibrine et de globules qui se trouvent le plus ordinairement dans le sang, et les différences qu'elles peuvent présenter suivant l'âge, le sexe, le tempérament et plusieurs autres circon-

stances particulières aux individus auxquels ce fluide a été emprunté.

MM. Prevost et Dumas ont proposé un procédé extrêmement simple (1) pour apprécier l'eau, les globules et les matières fixes du sérum ; mais ce procédé ne permet pas de tenir compte de la fibrine, et d'ailleurs il ne me paraît pas présenter une exactitude suffisante aujourd'hui.

Lorsqu'on veut l'exécuter, on laisse coaguler le sang, on sépare avec soin le caillot du sérum, et on pèse l'un et l'autre ; on coagule celui-ci, on le dessèche et on tient compte de sa diminution de poids. D'autre part, on dessèche le caillot et on pèse le résidu ; la perte qu'il éprouve, réunie à celle du sérum, donne le poids de l'eau contenue dans le sang.

On regarde toute l'eau du caillot comme provenant du sérum interposé entre ses parties, et connaissant les proportions relatives de l'eau et des matières fixes qui composent le sérum ; il est facile de retrancher du caillot sec le poids de matières fixes provenant du sérum qu'il contenait. On connaît ainsi les poids relatifs de l'eau, des globules et des matières fixes du sérum.

Mais d'abord, suivant l'ancienne supposition de l'existence de la fibrine dans les globules, on ne la distingue pas de ceux-ci, ce qui ne paraît plus admissible actuellement ; et d'ailleurs, en prétendant que l'eau du caillot appartient tout entière au sérum interposé, on exagère la quantité de matières fixes du sérum, et on diminue d'autant celles des globules ; car les globules ne sont certainement pas à l'état anhydre dans le sang, et, s'ils sont hydratés, ce n'est pas de sérum, mais bien d'eau pure qu'ils doivent être pénétrés, ainsi que M. Engelhart (2) et

(1) Annales de chimie et de physique, tom. XXIII, pag. 56.

(2) Engelhart. Thèse de 1825.

M. Chevreul (1) l'ont fait remarquer. Il est facile de se convaincre de l'erreur qui résulte de cette hypothèse, en comparant ensemble les résultats obtenus par M. Le Canu, qui s'est fondé sur elle, et ceux qui ont été fournis à M. Denis, par la méthode qu'il a proposée pour séparer l'albumine des globules. On voit que le premier admet dans le sang, ainsi qu'on aurait pu le prévoir, plus de globules et moins d'albumine que le second.

De toutes les méthodes connues, celles dont M. Denis (2) a fait usage dans ses nombreuses recherches sur le sang, me paraît la plus exacte pour l'analyse particlle dont il est ici question. Voici en quoi elle consiste :

Immédiatement après la saignée, et pendant que le sang est encore liquide, on le partage en deux parties égales. La première desséchée immédiatement donne le poids de l'eau, la seconde est abandonnée à elle-même et se coagule ; le sérum est soigneusement séparé du caillot à l'aide d'une pipette, desséché et mis en réserve. D'autre part, le caillot dépouillé de sérum est placé dans un nouet, et malaxé dans soixante-dix fois son poids d'eau distillée.

On trouve dans le nouet la fibrine, on la dessèche et on la pèse. L'eau de lavage du caillot est à son tour portée et maintenue à la température de 68 à 73 degrés, jusqu'à ce qu'elle soit complétement décolorée. Les globules ainsi coagulés sont comprimés dans un linge serré, séchés et pesés. Enfin l'eau dans laquelle ces mêmes globules étaient dissous ou suspendus, et qui retient les parties séreuses du caillot, est elle-même évaporée à siccité ; et le résidu qu'elle fournit, ajouté au résidu de l'évaporation du sérum, représente toutes les matières fixes de ce liquide. En les traitant par l'eau bouillante, on les débarrasse des

(1) Chevreul. Dictionnaire des Sciences naturelles. Article Sang.

(2) Recherches expérimentales, pag. 121.

sels solubles et des matières extractives, et il reste l'albumine sensiblement pure, on la dessèche et on en prend le poids.

Cette méthode très-simple, et d'un usage facile, fournit à mon avis toutes les valeurs pondérales que l'on peut rechercher avec avantage réel dans la composition du sang. On peut d'ailleurs, ainsi que l'a fait M. Denis, épuiser successivement chacun des produits précédemment isolés, par l'eau et l'alcool, pour achever de les purifier; mais les quantités de matières qu'on en retire par ces divers traitemens, sont assez faibles pour ne pas influer notablement sur leurs poids, et je crois qu'on peut les négliger sans inconvénient.

Si l'on examine les données des nombreuses analyses de sang publiées par M. Denis et par M. Le Canu, on voit que les proportions des élémens principaux de ce liquide varient d'une manière très-remarquable, suivant l'âge, le sexe, le tempérament, l'état de santé ou de maladie, et la nature de la maladie des individus qui le fournissent.

C'est assez dire que la moyenne générale de ces analyses n'est autre chose que la moyenne des limites entre lesquelles flottent les variations que le sang peut éprouver dans sa composition; c'est assez dire aussi qu'il s'attache un grand intérêt à la comparaison du sang de divers individus, en tenant compte des conditions dans lesquelles ils se trouvent.

M. Denis et M. Le Canu ont bien reconnu cette vérité, et se sont réglés sur elle dans l'exécution de leurs analyses. Je vais exposer rapidement les principales conséquences auxquelles leurs résultats les ont conduits.

M. Denis a publié soixante-quinze analyses (1) de sang

(1) Recherches expérimentales.

humain appartenant à des individus de sexe et d'âge différens, mais ordinairement sains ou légèrement malades. En comparant les résultats, on voit que la proportion d'eau contenue dans le sang varie entre 70 et 86 centièmes, ce qui donne pour moyenne 78, nombre très-rapproché de 78,4 trouvé par MM. Prevost et Dumas. Le poids des globules varie dans les mêmes limites que celui de l'eau, car ils forment depuis 6 jusqu'à 22 cent. du sang; l'albumine, au contraire, présente une proportion assez constante, et qui est comprise entre 5 et 6 centièmes. Cependant les deux termes extrêmes trouvés par M. Denis sont 4,85 et 6,84 pour 100. Enfin la fibrine forme le plus habituellement les 0,0027 de la masse du sang, qui n'en a jamais présenté plus de 4 millièmes ni moins de 2. On voit, par cet exposé, que l'eau et les globules étant les seuls élémens du sang qui varient notablement dans leurs proportions, les variations qu'ils éprouvent sont nécessairement en raison inverse les unes des autres.

M. Le Canu, après avoir analysé vingt espèces de sang, dont dix appartenaient à des hommes et dix à des femmes, est arrivé à des résultats très-analogues. Cependant il a trouvé moins d'albumine et plus de globules que n'en accusent les analyses de M. Denis, ce qui dépend, ainsi que je l'ai déjà fait voir, du procédé qu'il a employé.

M. Le Canu s'est particulièrement attaché à juger les différences que l'âge, le sexe et le tempérament apportent dans la composition du sang.

Il a reconnu ainsi, que l'eau est plus abondante chez la femme que chez l'homme, chez les individus lymphatiques que chez les sanguins.

A ces observations, M. Denis ajoute que la proportion d'eau est faible chez les nouveaux nés et les adultes, dominante au contraire dans l'enfance et la vieillesse. D'après cela il suffit de se rappeler que les différences de proportions de l'eau et des globules sont en raison inverse

les unes des autres pour conclure à *priori* que les globules abondent chez les nouveaux nés et les adultes, et sont en moins grande quantité chez les enfans et les vieillards; enfin, qu'il y en a plus dans le sang de l'homme que dans celui de la femme, chez les individus sanguins que chez les lymphatiques. C'est ce qui résulte en effet des expériences de MM. Denis et Le Canu.

Ces deux observateurs ont également reconnu que les émissions sanguines, soit naturelles, comme les pertes utérines, soit artificielles, comme celles qui résultent de la saignée ou de l'application des sangsues, modifiaient notablement la composition du sang et y faisaient prédominer l'eau en affaiblissant au contraire la proportion des globules.

Enfin, si, considérant dans leur ensemble toutes les observations dont les globules du sang ont été l'objet, on s'efforce d'apprécier le rôle qu'ils jouent dans l'économie vivante, on est amené à conclure que c'est en eux que réside la partie stimulante, essentielle, vitale, en quelque sorte, du sang; que leur nombre augmente ou diminue, suivant l'abondance ou la rareté de la nourriture, la nature plus ou moins substantielle des alimens, les conditions atmosphériques plus ou moins favorables à la santé, et, en un mot, que la force ou la faiblesse, l'état de santé ou de maladie, se rattache toujours par une relation évidente avec leur proportion dans le sang.

Je me suis borné jusqu'ici à réunir les résultats généraux que l'étude du sang a fournis aux observateurs, et surtout aux chimistes qui s'en sont occupés, ou que j'ai obtenus moi-même dans mes recherches particulières. J'ai discuté la valeur de ces résultats et des opinions qui ont été proposées sur les divers phénomènes que présente l'histoire du sang. Mais je me suis abstenu d'en tirer aucune conséquence, me réservant de les considérer sous ce nouveau point de vue lorsque j'aurais complété l'espèce de

monographie que j'avais entreprise. Je vais actuellement m'occuper de cette seconde partie de mon sujet.

« Le sang, selon le langage énergique de l'illustre Bordeu, est une chair coulante, comme la séve des arbres est un bois encore liquide ; c'est un composé de toutes les humeurs animales, une dissolution de tous les solides, qui communique avec toutes les parties du corps, reçoit dans chaque organe une modification particulière et vivifie une force vitale que la mort anéantit. »

Si cette définition est juste, la chimie doit signaler tôt ou tard dans le sang tous les principes qui constituent les matériaux liquides ou solides de l'être animé auquel il appartient.

Les premiers efforts tentés dans le but de vérifier cette donnée théorique ont démontré, il est vrai, dans le sang l'existence de la fibrine, qui y représente l'élément de la chair musculaire, de l'albumine qui se rencontre en dissolution dans les divers liquides de l'économie; de plusieurs matières salines que l'analyse avait déjà signalées dans la charpente osseuse ou dans les humeurs; et, en dernier lieu, de la matière grasse que M. Vauquelin avait découverte dans la pulpe encéphalique, et qui depuis a été signalée dans le chyle, la substance du foie et la fibre musculaire. Mais on n'avait encore reconnu dans le sang aucun des principes caractéristiques des sécrétions glandulaires, et on n'avait aucune donnée pour établir si ces principes existaient tout formés dans le sang ou résultaient d'une puissance élaboratrice propre aux organes sécréteurs; lorsqu'en 1821, MM. Prevost et Dumas (1), guidés par des considérations théoriques, qu'il est inutile de rappeler ici, parvinrent à retirer du sang d'un chien auquel ils avaient enlevé les reins, une proportion considérable

(1) Annales de chimie et de physique, tom. XXIII, pag. 90.

de l'élément essentiel et caractéristique de l'urine, je veux dire l'urée. Mais ces observateurs n'avaient obtenu ce résultat remarquable qu'après avoir pratiqué sur le chien mis en expérience une opération très-grave, et il n'était pas probable qu'ont pût y avoir recours pour d'autres organes que les reins (1). D'ailleurs, bien que ce brillant résultat eût constaté l'existence d'un des matériaux de nos sécrétions tout formé dans le sang, ce fait, isolé et indirectement obtenu, ne motivait pas suffisamment une conclusion générale. Delà vient qu'en 1830, l'Académie de médecine, pénétrée de l'intérêt qui s'attachait à cette question, et présumant d'ailleurs qu'à défaut de l'ablation de l'organe, l'état pathologique particulier au foie dans l'ictère pouvait accumuler la bile dans le sang en assez grande abondance pour que la chimie pût l'y saisir, l'Académie, dis-je, proposa pour sujet de prix l'analyse du sang d'un ictérique.

A la fin du siècle dernier, Fourcroy avait prétendu avoir trouvé de la bile dans le sang, mais MM. Deyeux et Parmentier l'ayant vainement cherchée dans ce liquide, cette découverte n'avait point été généralement admise. Au reste, la bile à cette époque était fort mal connue, et il eût été impossible de traiter avec succès la question que Fourcroy pensait avoir résolue.

Mais depuis les analyses modernes qui en ont été faites, et particulièrement depuis celle de M. Braconnot (2), il était devenu plus facile de distinguer au moins quelqu'un de ses élémens. Aussi M. Chevreul ne tarda pas à faire

---

(1) Depuis cette époque, M. O'Shaughnessy a trouvé de l'urée dans le sang de certains cholériques, chez lesquels la sécrétion de l'urine avait cessé d'une manière notable. Voyez *Gazette médicale de Paris*, tom. IIIe., no. 10.

(2) D'après les dernières recherches de M. Braconnot, Annales de chimie et de physique, tom. XLII, octobre 1829, pag. 171, la bile, abs-

faire à la science un progrès réel dans cette direction, en découvrant, dans le liquide jaune que l'on obtient en incisant la peau des enfans morts de l'ictère, les mêmes principes colorans jaune, vert et bleu qu'il avait lui-même précédemment reconnus dans la bile. Cette observation intéressante laissait cependant subsister, en grande partie au moins, l'incertitude qui régnait parmi les physiologistes et les chimistes sur l'existence de la bile dans le sang des ictériques, lorsque M. Le Canu, en s'occupant de traiter la question proposée par l'Académie de médecine, reconnut dans ce sang les trois principes colorans de la bile, et avança beaucoup la solution du problème, sans pouvoir toutefois le résoudre entièrement. Mais je crois que les derniers doutes doivent être levés, aujourd'hui, que je suis parvenu à signaler l'existence d'un *savon alcalin*, et de la *cholestérine* elle-même, non-seulement dans le sang d'un ictérique, où ces deux matières étaient associées aux principes colorans jaune, vert et bleu de la bile, mais même dans le sang de quatre sujets différens, qui n'étaient ni les uns ni les autres affectés d'ictère.

Indépendamment de ce qu'elles établissent d'une manière assez positive l'existence de la bile dans le sang des ictériques, mes observations ajoutent encore un appui direct à l'opinion de MM. Prevost et Dumas, sur le mécanisme des sécrétions, en signalant l'existence de deux élémens caractéristiques de la bile dans le sang à l'état normal.

---

traction faite des sels et de quelques centièmes de matière jaune et d'une matière animale non caractérisée, contient une résine particulière des acides oléique et margarique, de la cholestérine, une matière amère de nature alcaline, une matière sucrée, et de plus, une très-petite quantité de matière colorante, dont M. Chevreul a séparé deux principes, l'un jaune orangé, l'autre vert ou peut-être bleu.

La *séroline* n'ayant point encore été signalée ailleurs que dans le sang, il est impossible de tirer aucune induction physiologique de son existence dans ce liquide ; mais il ne me paraît pas douteux que l'analyse ne la retrouve bientôt dans quelqu'autre système de l'économie animale, et il sera curieux de l'y rechercher.

Enfin, si j'essaie de résumer les données que la science possède sur les globules, pour déduire de l'ensemble de leurs propriétés quelques rapports entre le rôle puissant qu'ils jouent dans l'économie vivante et leur composition chimique, ou la disposition physique du petit système que forme chacun d'eux, je vois que l'on ne peut s'arrêter à leur égard qu'à des suppositions plus vagues les unes que les autres, et je me dispense d'en présenter aucune.

Dans le cours de ce travail, je n'ai guères considéré jusqu'ici que le sang veineux de l'homme en bonne santé, sans m'occuper des différences chimiques qui doivent distinguer le sang artériel du sang veineux, le sang des divers animaux entr'eux, le sang normal des sujets bien portans du sang altéré des malades. Cette question importante présente un haut intérêt, mais elle n'a été encore qu'effleurée, et j'aurai peu de choses à en dire, je ne dois pas cependant la passer sous silence.

Plusieurs chimistes se sont occupés de comparer le sang veineux avec le sang artériel (1), et ont attribué à celui-ci un sérum moins abondant et plus léger, et un plus grand nombre de globules qu'au sang des veines. Mais rien n'est plus borné ni plus vague que les données de la science sur ce sujet. Il est bien certain toutefois que si l'analyse chimique n'est point encore parvenue à reconnaître des différences précises entre les principes immé-

(1) Dictionnaire des Sciences naturelles, pag. 182, tom. XLVII. Article Sang. — Annales de chimie et de physique, tom. XXIII, pag. 68.

diats du sang veineux et du sang artériel, il est impossible de s'expliquer les phénomènes qui s'accomplissent au sein de ces liquides pendant l'acte de la respiration, sans admettre que ces différences existent ; cependant elles sont restées purement hypothétiques jusqu'à l'époque toute récente où MM. Marcaire et Marcet sont venus leur donner toute l'autorité d'un fait par l'analyse élémentaire du sang veineux et du sang artériel d'un lapin.

Ces deux habiles chimistes ont ainsi constaté que l'hydrogène et l'azote existent en proportions sensiblement constantes dans ces deux liquides, tandis que le carbone et l'oxigène varient en raison inverse l'un de l'autre, ainsi qu'on peut en juger par les nombres suivans qui résultent de leurs analyses (1).

	Sang artériel et limpide réduit en poudre d'un rouge clair.	*Sang veineux noir réduit en poudre d'un rouge brunâtre.*
Carbone	50,2	55,7
Azote	16,3	16,2
Hydrogène	6,6	6,4
Oxygène	26,3	21,7
	99,4	100,0

Ces observations sont un fait important, sans contredit, dans l'histoire de la chimie animale; elles répondent victorieusement aux doutes élevés tant de fois sur le pouvoir de cette science pour distinguer le sang artériel du sang veineux; mais, il faut l'avouer, elles ne résolvent qu'une faible partie du problème, puisqu'elles laissent à reconnaître encore sur quels principes immédiats du sang portent les modifications remarquables qu'elles ont signalées, et que sous ce point de vue la chimie ne présente encore aucune donnée de quelque valeur.

(1) Annales de chimie et de physique, tom. LI, p. 382.

Heureusement les efforts des chimistes ont été moins stériles dans les recherches comparatives qu'ils ont entreprises sur le sang d'un grand nombre d'animaux, et MM. Prevost et Dumas (1) ont été conduits par leurs expériences à ces conséquences importantes :

Que les oiseaux sont les animaux dont le sang est le plus riche en globules; que les mammifères viennent ensuite, et qu'il semble que les carnivores en ont plus que les herbivores ;

Que les animaux à sang froid sont ceux qui en possèdent le moins, et qu'en un mot, ainsi que nous l'avons déjà vu précédemment dans l'homme comparé à lui-même dans diverses conditions, de même aussi dans les animaux considérés dans les différentes classes, l'énergie vitale est toujours proportionnelle à la quantité de globules contenus dans le sang.

Si j'en viens maintenant aux différences que les maladies peuvent apporter dans la composition du sang, je vois que pour les apprécier il ne manque pas d'analyses de ce liquide à l'état pathologique; mais les résultats de la plupart de ces analyses présentent trop peu de données positives, et laissent trop de vague dans l'esprit pour mériter une grande attention.

Il en est cependant plusieurs qui, dirigées par une juste appréciation du pouvoir de la science, ont conduit à des résultats fort importans : ce sont les analyses dans lesquelles MM. Prevost et Dumas, M. Denis et M. Le Canu, se sont attachés à reconnaître les différences qu'établissaient, dans les proportions respectives de l'eau et des globules du sang, les conditions de santé ou de maladie particulières aux individus qui l'avaient fourni. Ce sont là, il est vrai, les seules données que les chimistes

(1) Annales de chimie et de physique, tom. XXIII, pag. 68.

puissent aujourd'hui présenter avec assurance sur ce sujet, et, pour être bornées dans leur objet, elles n'en ont pas moins une haute portée dans leurs conséquences, comme il était facile de le prévoir en se rappelant le rôle que nous avons vu jusqu'ici jouer aux globules dans l'économie vivante.

Ces observations ont en effet jeté un nouveau jour sur les maladies inflammatoires, en montrant que le sang des individus qui en sont affectés, se distingue surtout par la grande proportion de globules qu'il renferme, et que les émissions sanguines agissent, non-seulement en diminuant momentanément la masse du sang, mais surtout en diminuant, relativement aux autres matériaux de ce liquide, la proportion des globules, c'est-à-dire de son élément vital et stimulant par excellence. Ces mêmes observations ont conduit M. Edwards (1) à plusieurs conséquences physiologiques d'un haut intérêt, et particulièrement à expliquer les heureux effets de la saignée dans les pneumonies, pour lesquelles elles avaient été employées jusqu'ici avec raison, il est vrai, mais d'une manière empirique (2).

Dans ces derniers temps, M. Le Canu, en appliquant sa méthode d'analyse au sang des cholériques, a obtenu encore des résultats très-remarquables.

Il a démontré (3), dans trois expériences, que ce sang est

---

(1) De l'influence des agens physiques sur la vie, pag. 517.

(2) Je ne développerai pas davantage cette application importante des données de l'analyse chimique à l'art de guérir, je renvoie à l'ouvrage de M. Edwards ; mais je crois qu'on ne saurait trop la méditer, car on doit sentir, en la méditant, que si la chimie n'avait pas été dans cette circonstance devancée par l'empirisme, elle aurait conduit rationnellement elle-même à l'usage de la saignée, comme au plus puissant moyen de combattre les pneumonies, et cet exemple donne une mesure des lumières que cette science pourra jeter un jour sur la médecine rationnelle.

(3) Journal de Pharmacie, janvier 1833, pag. 21.

surtout caractérisé par l'énorme quantité de globules qu'il contient, et que cette quantité s'élève quelquefois au double de la proportion normale; et comme, d'un autre côté, il a trouvé dans les selles abondantes des cholériques les élémens principaux du sérum, il a dû conclure que l'altération du sang chez ces malades était due à une déviation particulière du sérum, qu'une influence inconnue entraînait au dehors des vaisseaux sanguins.

Parmi les observations présentées jusqu'ici pour servir à l'histoire du choléra, celle-ci me paraît des plus intéressantes, car si on la rapproche des vues profondes présentées par M. Dutrochet (1) dans sa statique animale, sur le rôle de l'endosmose dans la distribution de nos humeurs, et sur les causes qui peuvent l'exciter ou la modifier, on doit être frappé de l'idée que le choléra pourrait bien n'être que le résultat d'une modification des phénomènes endosmosiques qui s'accomplissent au sein de l'économie, et se croire avancé d'un pas vers la connaissance de cette maladie.

On voit, par ces exemples, quel secours l'analyse chimique peut déjà fournir à la physiologie, lorsqu'elle se borne à estimer les différences que les proportions des globules peuvent présenter dans le sang; mais quant à présent elle doit, dans ses applications aux liquides et aux solides pathologiques, se contenter le plus souvent d'apprécier les différences qu'ils présentent avec leurs analogues à l'état normal, dans les proportions de leurs élémens les plus saillans, et ne pas s'attacher encore à l'examen des altérations que ces élémens ont éprouvés.

Car, au point où nous en sommes en chimie animale, des recherches de ce genre sont prématurées pour la plupart, et c'est ainsi que je m'explique le défaut de succès

(1) De l'Agent immédiat du mouvement vital.

de celles qui ont été entreprises. Au lieu d'y consacrer ses efforts, il serait plus profitable à la science de s'appliquer à connaître la composition de nos humeurs à l'état sain, à isoler leurs principes immédiats, et à les caractériser assez nettement pour qu'ils forment des types, des termes de comparaison auxquels on puisse rapporter plus tard les produits pathologiques. Que peut, en effet, nous apprendre l'examen de ces produits, si l'état de la science ne permet pas de reconnaître en quoi ils diffèrent des substances normales dont ils sont dérivés.

CONCLUSIONS.

Si l'on cherche maintenant à se rendre compte de l'ensemble de ce travail et de ses résultats, on voit qu'il se compose de deux parties, qui, pour n'avoir pas été séparées d'une manière absolue de peur de détruire l'ensemble du sujet, n'en sont pas moins distinctes.

Dans l'une je me suis attaché à réunir, à discuter, et le plus souvent aussi à vérifier, par l'expérience, les travaux et les opinions relatives à chacune des questions que présente l'histoire du sang, et à définir ensuite le point de vue sous lequel chacune de ces questions me paraît devoir être envisagée aujourd'hui.

Si je suis parvenu à saisir dans les nombreux mémoires que j'ai consultés, les vérités bien établies qu'ils renfermaient, à les faire ressortir au milieu des doutes qui tenaient encore les esprits en suspens à leur égard, si, en un mot, il résulte de mon travail que l'on se rendra mieux compte de l'état actuel de la chimie relativement au sang, que l'on aura un point de départ plus nettement établi pour des recherches ultérieures sur ce sujet, et des vues plus claires sur la marche à suivre dans ces mêmes re-

cherches, j'aurai atteint le but que je m'étais proposé dans cette première partie.

Dans la seconde partie se trouvent les résultats nouveaux que m'ont fournis mes recherches particulières.

J'ai signalé, dans le sérum du sang humain, trois matières qui n'y avaient pas encore été rencontrées, savoir :

1°. Un savon alcalin;

2°. La cholestérine ;

3°. Une matière grasse tout-à-fait inconnue jusqu'ici, et à laquelle j'ai donné le nom de sérolinc.

Passant ensuite à l'examen des parties en suspension dans le sang ou des globules, je me suis fondé particulièrement sur le concours des observations microscopiques et chimiques de M. Muller, et des observations chimiques faites par M. Le Canu, pour attaquer l'opinion qui avait fait admettre jusqu'ici la fibrine comme partie intégrante des globules, et pour démontrer que cette fibrine existait au contraire dans le sérum. J'ai fait voir également, d'après ces mêmes observations, que la substance même des globules était composée de deux matières différentes, dont l'une incolore, et ne contenant point de fer, constituait le sphéroïde central observé par les micrographes dans les globules du sang, tandis que l'autre, colorée en rouge, contenant du fer, et désignée par le nom d'hématosine, formait le sphéroïde extérieur ou la véritable matière colorante.

Je n'ai présenté dans cette thèse que les observations qui m'ont paru assez précises pour jeter quelques lumières sur mon sujet; je n'ignore pas tout ce qu'elles laissent encore à désirer, et mes recherches m'ont fourni l'occasion de voir combien de questions de la plus haute importance se présentent encore dans l'histoire du sang. M. Le Canu, mon ami, dont les conseils et les derniers travaux m'ont souvent dirigé dans celui dont je viens de

présenter les résultats, se propose de reprendre avec moi ses études sur les principes immédiats du sang humain; c'est alors que nous reviendrons ensemble sur les questions que nous sommes si loin d'avoir épuisées l'un et l'autre dans nos travaux particuliers, et que nous chercherons, par nos efforts réunis, à résoudre quelques nouveaux problèmes.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SUR

LA CHIMIE ORGANIQUE

ET SURTOUT

LA CHIMIE ANIMALE.

Lorsque l'on examine, sous le point de vue de leur constitution chimique, les êtres qui composent les trois règnes de la nature, on ne tarde pas à reconnaître qu'il existe une relation remarquable entre le rang plus ou moins élevé qu'ils occupent dans l'échelle de la création, et le nombre et l'arrangement plus ou moins compliqué des substances élémentaires dont ils sont formés en général.

Pousse-t-on plus loin ses recherches? on voit encore que leur étude est inégalement difficile, que la constitution des matières végétales est bien plus délicate, bien plus impressionnable que celle des minéraux, et que les matières animales, qui sont les produits les plus parfaits, les plus élaborés de l'organisation, sont aussi ceux qui présentent les problèmes les plus élevés au chimiste.

Avant l'époque toute contemporaine encore où notre illustre Lavoisier jeta les véritables fondemens de la chimie générale, les observateurs avaient marché sans guide, sans itinéraire, pour ainsi dire, dans les voies inconnues

d'une science dont ils pressentaient l'avenir, mais qui n'avait point encore de réalité. Aussi la chimie de ce temps ne présente-t-elle guères que des faits isolés, et le plus souvent stériles. Le chimiste marche au hasard, heureux s'il parvient à saisir une vérité, mais la rencontrant sans l'avoir prévue, sans y avoir été conduit de conséquences en conséquences.

Depuis Lavoisier, cet état précaire a disparu, les lois fondamentales de la science ont été découvertes, les faits rassemblés dans un vaste système ont été liés entre eux et groupés en famille, et aujourd'hui la chimie est tellement maîtresse du règne minéral, qu'il n'est pas de problème qui puisse long-temps l'arrêter.

Mais si la connaissance des matières minérales, les plus simples dans leurs lois, les plus robustes dans leur constitution parmi les produits de la nature, est arrivée à ce point de perfection, il est loin d'en être ainsi des matières végétales et surtout des matières animales. La science, dans sa marche logique, s'élevant du simple au composé, a presqu'exclusivement jusqu'ici consacré ses efforts à l'étude du règne minéral, et il a fallu plus de quarante années de recherches laborieuses pour faire des résultats de cette étude une source certaine d'applications utiles. Pendant ce temps quelques incursions ont été tentées dans le règne animal et surtout dans le règne végétal; mais elles n'ont pas même servi à élever à l'état de science cette partie de la chimie, dont les lois fondamentales ne sont pas encore connues. Si l'on passe en revue les travaux qui s'y rattachent, ce n'est guères que dans ces dernières années que l'on y aperçoit une marche méthodique et quelques vues précises; tant il est vrai que la chimie organique n'est pas une science faite, mais une science à faire.

Je crois devoir développer cette vérité avec quelqu'étendue, parce qu'elle ne me paraît pas assez généralement

sentie. A entendre en effet la plupart des physiologistes et même certains chimistes, il semble que la chimie organique soit aujourd'hui à son apogée, et qu'il faille renoncer à résoudre tous les problèmes qu'elle n'a pas encore résolus, comme si elle était ancienne dans le monde, comme s'il n'y avait plus d'avenir pour elle, tandis qu'elle est tout entière dans l'avenir.

Si, comme j'en ai la conviction profonde, cette opinion est un préjugé, il est de la plus haute importance de la combattre, car elle est très-préjudiciable aux progrès de la science, soit qu'elle enlève aux chimistes l'espoir encourageant du succès de leurs efforts, ou les entraîne à des recherches prématurées, soit qu'elle persuade aux physiologistes qu'ils ont peu de secours à attendre de la chimie, et les détourne de s'adresser à ce puissant auxiliaire.

Examinons l'état de la science.

Les matières organiques tendent sans cesse à se transformer en composés inorganiques, et jusqu'ici ce n'est qu'en les amenant à cet état qu'on a pu apprécier les élémens simples dont ils sont formés. Il est évident, d'après cela, que l'analyse ne pouvait donner quelques lumières sur leur constitution qu'autant que la connaissance des substances minérales serait fort avancée. Aussi n'est-ce qu'en 1809 que MM. Gay-Lussac et Thenard ont jeté en quelque sorte les premiers fondemens de la chimie végétale et animale, en appliquant à l'analyse élémentaire des produits organiques l'ingénieux procédé qu'ils avaient imaginé pour les transformer en produits inorganiques.

Depuis cette époque, de nombreux principes immédiats ont été reconnus, surtout dans le règne végétal, d'importans perfectionnemens ont été introduits dans les méthodes d'analyse, et leur ont donné plus de précision et de certitude. La création et les développemens des systèmes électro-chimique et atomique ont ouvert une voie

nouvelle, et fourni à l'esprit humain une ressource puissante pour approfondir les mystères de la constitution des êtres. La découverte de l'isomérie, d'abord aperçue dans un minéral et bientôt signalée dans le règne organique où elle semble jouer un si grand rôle, vient de faire envisager les variétés innombrables des composés sous un jour inattendu, et de faire comprendre comment le système des proportions définies peut s'accorder avec un nombre infini de combinaisons existantes ou possibles. Enfin, M. Thenard, en signalant la propriété singulière du deutoxide d'hydrogène de se décomposer au contact de la fibre musculaire, a montré qu'il suffisait, dans quelques circonstances, d'exercer sur la matière une influence purement physique pour déterminer des réactions chimiques.

Toutes ces conquêtes modernes sont assurément de grands moyens de développement pour la chimie organique, mais ne la constituent pas elle-même. Ce sont des élémens précieux pour construire l'édifice de la science; mais cet édifice n'existe pas, et ses matériaux ne sont pas encore suffisamment élaborés. On peut nommer, il est vrai, un grand nombre de principes; mais que sait-on de ces principes, que sait-on de leur constitution, à quel type peut-on les rapporter, quelle classification méthodique peut-on leur appliquer?

Lorsqu'on examine sous ce point de vue les substances organiques, n'est-on pas frappé de l'énorme intervalle qui les sépare encore des matières minérales. Les acides organiques, les alcalis végétaux, ne nous sont-ils pas pour la plupart aussi inconnus dans leur nature intime que l'étaient les acides et les oxides minéraux avant Lavoisier; et d'ailleurs que pouvons-nous dire des substances neutres, telles que le ligneux, les gommes, l'amidon, l'albumine, la fibrine, etc., qui sont si abondamment répandues dans les êtres organisés, si ce n'est que nous sommes dans une

ignorance presque absolue à leur égard. Cependant c'est de leur connaissance que dépendent les progrès ultérieurs de la chimie organique.

Il est vrai que les vues hardies que M. Chevreul a émises le premier sur la composition des corps gras, en les comparant aux éthers, ont ouvert une belle carrière aux imaginations et aux expériences des chimistes. Il est vrai que M. Dumas, dans ses cours et dans plusieurs de ses travaux, a singulièrement développé cette idée féconde; il est vrai, enfin, que les recherches les plus récentes sur les éthers, les camphres, l'acide benzoïque, l'asparagine, jettent une vive lumière sur la composition des matières végétales et animales, et tendent à démontrer, plus nettement que jamais, que les lois qui président à la composition des substances extraites des êtres organisés ne sont que les développemens de celles qui gouvernent les combinaisons inorganiques ; mais ce ne sont là que des vues, que des observations encore incomplètes, bien propres à donner tout espoir pour l'avenir de la science, mais à faire sentir aussi que tout est dans l'avenir, et que le présent est peu de chose.

S'il est démontré, par ces considérations, que la chimie organique, au lieu d'être à son apogée, n'est qu'à sa naissance et qu'elle promet de grandir et de se développer, les physiologistes et les chimistes doivent dorénavant la juger d'une toute autre manière que la plupart ne l'ont fait jusqu'ici. Les premiers ne lui proposeront plus des problèmes qu'elle ne peut aborder encore, et se garderont de la déclarer impuissante avant de lui avoir laissé le temps de prendre des forces. Les autres, au lieu de vouloir lui faire produire des résultats supérieurs à ses ressources actuelles, au lieu de l'interroger sur des mystères qu'elle ne peut encore approfondir, au lieu d'analyser au hasard des liquides organiques plus ou moins altérés et des productions mor-

bides, s'occuperont de la développer, d'élargir ses bases, pour ainsi dire, d'étudier ses matériaux primitifs, chercheront à se créer des types, des termes de comparaison pour se guider plus tard dans les analyses inabordables aujourd'hui des productions morbides que leur fourniront les êtres organisés. Car c'est ainsi seulement qu'ils peuvent s'avancer avec certitude dans la voie du progrès, et réhabiliter leur science, dont trop de précipitation a déjà compromis l'autorité et entravé la marche.

Il ne me suffit pas, pour arriver au but que je me suis proposé dans cette dissertation, d'avoir réclamé en faveur de la chimie organique contre des prétentions prématurées ou des jugemens dangereux. Je dois encore chercher à faire ressortir aux yeux des médecins les ressources qu'elle leur présente pour l'étude des phénomènes physiologiques.

Et d'abord l'anatomie, qui est le point départ, la base de la physiologie, a ses limites dans celles du pouvoir de nos sens, elle s'arrête forcément là où le scalpel ne peut plus inciser, là où l'œil ne peut plus apercevoir; et cependant que d'élémens organiques elle néglige dans ces fragmens sur lesquels elle a épuisé son pouvoir d'analyse! N'est-elle pas d'ailleurs tout-à-fait impuissante lorsqu'il s'agit d'étudier les liquides qui occupent tant de place et jouent un si grand rôle dans les êtres vivans. Mais là où l'anatomie s'arrête, la chimie commence et continue son œuvre. Elle seule, en effet, peut faire connaître la composition de ces liquides, suivre les principes dont ils sont formés dans toutes les parties de l'économie, et rendre compte de leurs fonctions. Toutes les réactions qui s'opèrent entre ces liquides, toutes les modifications qu'ils éprouvent, soit dans le travail régulier de la nutrition et des sécrétions, soit dans les altérations morbides dont ils peuvent être le siége, sont, il faut bien l'avouer, des phénomènes moléculaires et tout-à-fait

analogues à ceux que nous produisons dans nos laboratoires, soit par le contact des corps, soit par les influences physiques auxquelles nous pouvons les soumettre; et s'il est vrai que ces phénomènes soient gouvernés par une force particulière aux êtres vivans, ne pouvons-nous pas les observer sous la direction de cette force inconnue; ne pouvons-nous pas étudier les lois et les phénomènes de cette chimie vivante, comme nous étudions les lois et les phénomènes de la chimie inanimée sous l'influence des forces qui la régissent, et dont nous ignorons aussi la nature. Et qu'on n'aille pas nier que cette étude nous promette de grandes lumières physiologiques, car on n'aurait besoin, pour prouver le contraire, que d'en appeler au mécanisme des sécrétions que toutes les recherches anatomiques ont laissé ignorer, tandis qu'il a suffi aux chimistes de découvrir l'urée dans le sang pour jeter une vive lumière sur cette question intéressante.

Les sciences physiques et chimiques nous ont déjà conduits si loin de notre ignorance primitive, que nous pouvons tout attendre d'elles; nous n'avons pas encore épuisé toutes les ressources qu'elles tiennent à notre disposition pour l'étude de la nature, et ce serait une présomption insensée que de vouloir assigner un terme à leur perfectibilité.

RAPPORT

FAIT A L'ACADÉMIE DES SCIENCES

PAR MM. CHEVREUL ET ROBIQUET,

SUR UN MÉMOIRE

DE M. FÉLIX BOUDET,

INTITULÉ:

NOUVELLES RECHERCHES

SUR LA COMPOSITION

DU SÉRUM DU SANG HUMAIN (1).

Séance du 27 mai 1833.

M. Félix Boudet, docteur ès-sciences, est déjà connu des chimistes par un travail fort intéressant sur les changemens de nature qui surviennent dans les corps gras saponifiables huileux, lorsqu'on les met en contact avec l'acide hypo-nitrique.

Le mémoire qu'il vient de présenter à l'Académie, et que nous avons été chargés d'examiner, M. Robiquet et moi, confirme les espérances que le travail précédent avait fait concevoir, relativement aux progrès futurs que M. Félix Boudet ferait faire à la chimie organique.

(1) Ce rapport n'a trait qu'au fragment de cette thèse compris entre les pag. 28 et 37.

Les recherches dont nous allons rendre compte ont pour objet de démontrer que l'alcool bouillant enlève au sérum du sang évaporé à sec, et préalablement épuisé par l'eau bouillante,

1°. Un principe immédiat particulier, que l'auteur appelle *séroline ;*

2°. De la *cholestérine ;*

3°. Un *savon* soluble dans l'eau, très-probablement formé par du margarate et de l'oléate de soude;

4°. *De la matière grasse du cerveau.*

La séroline se dépose par le refroidissement de l'alcool bouillant avec lequel on a traité le sérum.

La liqueur filtrée après le refroidissement, et évaporée, laisse un résidu qui a la consistance de la térébenthine. En y appliquant l'alcool froid à 36°, on sépare de la matière grasse du cerveau, et l'on dissout une matière que M. Le Canu a considérée comme une huile; mais les recherches de M. Félix Boudet prouvent qu'elle est formée de plusieurs corps distincts : en effet, la liqueur où elle est dissoute, abandonnée à elle-même, dépose des cristaux de *cholestérine*, et retient le *savon de soude* dont nous avons parlé, avec un peu de graisse cérébrale.

Reprenons successivement l'examen de la séroline, de la cholestérine et du savon de soude.

Séroline.

Elle est blanche, légèrement nacrée, en filamens qui, vus au microscope, présentent des globules ou des renflemens globuleux.

Elle n'a pas d'action sur les réactifs colorés; elle se fond en une huile incolore à la température de 36°.; elle diffère des stéarines et de l'oléine, en ce qu'elle n'est pas saponifiable, ou, ce qui revient au même, en ce qu'elle

n'est pas susceptible de se changer en acide sous l'influence des alcalis.

Comme la cholestérine, elle rougit par l'acide sulfurique concentré ; elle est acidifiée par l'acide nitrique, mais elle en diffère par la fusibilité et par l'ammoniaque qu'elle donne à la distillation.

Cette dernière propriété la rapproche de la matière grasse du cerveau; mais elle s'en éloigne par la manière dont elle se fond, parce qu'elle ne fait pas d'émulsion avec l'eau, etc.

Enfin elle est très-soluble dans l'éther, même froid, et, ce qui est remarquable, elle ne l'est pas pour ainsi dire dans l'alcool froid.

La matière que M. Félix Boudet a extraite du sérum du sang humain, et qu'il regarde comme identique à la cholestérine, a été étudiée par lui comparativement avec un échantillon de cette dernière substance extraite des calculs biliaires ; nous pouvons affirmer que l'auteur a fait cet examen avec le soin le plus scrupuleux, et que les résultats qu'il a consignés dans un tableau sont d'une parfaite exactitude. Les deux matières ont même aspect : la cholestérine du sang se fond de 135°. à 137°.; la cholestérine des calculs biliaires, à 137°. Elles se comportent à très-peu près de la même manière avec l'acide sulfurique, l'acide nitrique et la potasse.

Savon.

Si la petite quantité de cette matière et la difficulté de l'isoler complétement de la graisse cérébrale n'ont pas permis à M. Félix Boudet de prononcer définitivement sur l'identité de ce savon, avec celui qui résulte d'un mélange de margarate et d'oléate de soude, nous croyons avec lui que très-probablement le savon du sang a cette composition ; au reste, les doutes ne peuvent pas s'élever

sur l'existence d'une graisse acide dans le sang unie à un alcali, mais sur l'identité de cette graisse acide avec les acides margarique et oléique.

La découverte, dans le sérum du sang de l'homme, de la séroline, qui paraît différer essentiellement des espèces de corps gras connus, est importante; elle doit engager les chimistes à la rechercher dans les organes des animaux, notamment dans le cerveau.

L'existence de la cholestérine, et d'une matière savonneuse dans le même liquide, sont des faits précieux pour la physiologie; ils sont conformes à l'opinion de ceux qui pensent que le sang renferme les principes immédiats qui constituent les animaux.

L'habileté dont M. Félix Boudet a fait preuve dans le sujet si important qu'il a traité, nous détermine à proposer à l'Académie d'insérer son travail dans le recueil des *Mémoires des Savans étrangers*.

Signé ROBIQUET; CHEVREUL, rapporteur.

L'Académie adopte les conclusions de ce rapport.

Certifié conforme :

Le secrétaire perpétuel pour les sciences naturelles,

DULONG.



PARIS. — IMPRIMERIE ET FONDERIE DE FAIN,
Rue Racine, n°. 4, place de l'Odeon.

7me SÉRIE. — 1900.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE

PAR

MM. BERTHELOT, FRIEDEL,
MASCART, MOISSAN.

SEPTIÈME SÉRIE.

TOME XX.

PARIS,
MASSON ET Cie, ÉDITEURS,
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE,
Boulevard Saint-Germain, 120.

IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1900